

Corr. US 2004/0247195 A
WO 03/007237 A1

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-534489

(P2004-534489A)

(43) 公表日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int. Cl.⁷

H04N 1/00
G06T 3/00

F I

H04N 1/00 B
G06T 3/00 200

テーマコード (参考)

5B057
5C062

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 179 頁)

(21) 出願番号 特願2003-512925 (P2003-512925)
(86) (22) 出願日 平成14年6月5日 (2002.6.5)
(85) 翻訳文提出日 平成16年1月9日 (2004.1.9)
(86) 国際出願番号 PCT/FR2002/001906 ✓
(87) 国際公開番号 WO2003/007237
(87) 国際公開日 平成15年1月23日 (2003.1.23)
(31) 優先権主張番号 01/09292
(32) 優先日 平成13年7月12日 (2001.7.12)
(33) 優先権主張国 フランス (FR)
(31) 優先権主張番号 01/09291 ✓
(32) 優先日 平成13年7月12日 (2001.7.12)
(33) 優先権主張国 フランス (FR)
(31) 優先権主張番号 01/12664
(32) 優先日 平成13年10月2日 (2001.10.2)
(33) 優先権主張国 フランス (FR)

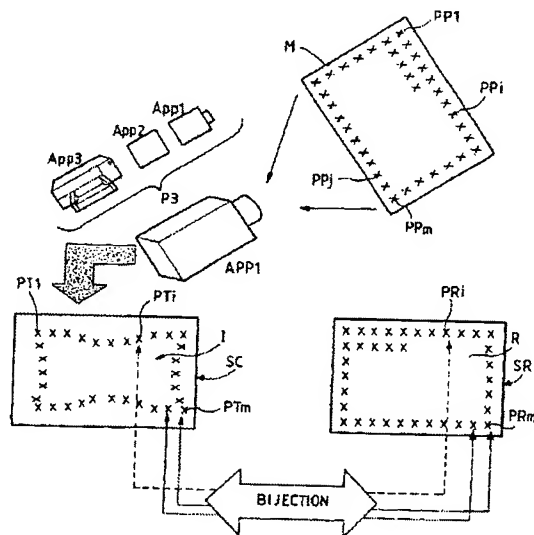
(71) 出願人 503271121
ドゥ ラブズ
DO LABS
フランス国 ブローニュ ビヤンクール
92100 ルー ナショナル 3
3 rue Nationale, 92
100 Boulogne Billan
court, France
(74) 代理人 100085257
弁理士 小山 有
(72) 発明者 ショーヴィユ ベノワ
フランス国、パリ エフ 75011、ル
ー シェヴレウ 1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 幾何学的歪みに関係する書式付き情報を出力する方法およびシステム

(57) 【要約】

本発明は、機器連鎖 (APP1) の機器 (APP1~3) に関する書式付き情報を出力する処理システムおよび方法に関する。この機器連鎖は、特に、イメージ (M) を取込し、かつ/または媒体 (SC) 上に復元するための少なくとも1つの画像取込機器 (APP1) および/または少なくとも1つのイメージ復元機器 (APP3) を含む。本発明は、前記連鎖の少なくとも1つの機器の幾何学的歪みに関係する書式付き情報を出力することを目的とする。本発明は、異なる他の実施形態、特に、イメージ (I) に応じて機器の固定特性および/または可変特性を考慮することができる実施形態を提示する。固定特性および/または可変特性は、1つまたは複数の特性の値、特に焦点距離および/または焦点合わせと関連付けることができる。本発明は、測定フィールド D (H) から、前記機器の幾何学的欠陥に関する測定書式付き情報を出力する機能を実現する。本発明は、光学デバイス、工業用制御機器、ロボット、測定などさまざまな分野における写真またはビデオイメージの処理に応用することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】

機器連鎖（APP1）の機器（App1、App2、App3）に関する書式付き情報（IF）を出力する方法であって、前記機器連鎖は特に、少なくとも1つの画像取込機器（App1）および／またはイメージ復元機器（APP2）を備え、前記連鎖の少なくとも1つの機器の幾何学的歪みに関係する書式付き情報（IF）を出力する段階を含む方法。

【請求項2】

前記機器はイメージ（I）を取込または媒体（SC）上に復元することができ、前記機器はイメージ（I）に応じて少なくとも1つの固定された特性および／または1つの可変特性を含み、前記固定された特性および／または可変特性は特性の1つまたは複数の値、特に、焦点距離および／または焦点合わせおよび関連する特性の値と関連付けることができ、測定フィールド（D（H））から、前記機器の幾何学的歪みに関係する測定書式付き情報（IFM1～IFMm）を含み、前記書式付き情報（IF）に前記測定書式付き情報を含めることができる請求項1に記載の方法。

【請求項3】

さらに、前記測定書式付き情報（IFM1～IFMm）から前記機器の幾何学的歪みに関係する拡張書式付き情報（IFE1～IFE m）を出力する段階を含み、前記書式付き情報に前記拡張書式付き情報を含めることができ、前記拡張書式付き情報は前記測定書式付き情報と対比した偏差（14）を示す請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記測定書式付き情報から得られる前記書式付き情報は一組のパラメータ化可能モデル（SP、12、97）、特に一組の多項式から選択されたパラメータ化可能モデルのパラメータにより表され、さらに、
 ー 最大偏差を定義し、
 ー 採用の複雑度に応じて前記一組のパラメータ化可能モデルの前記「パラメータ化可能モデルを順序付け、
 ー 前記偏差（14）が前記最大偏差よりも小さくなるように前記順序付けた一組のパラメータ化可能モデルのパラメータ化可能モデルの第1のモデルを選択することにより前記一組のパラメータ化可能モデルのうちの前記パラメータ化可能モデルを選択する段階を含む請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記拡張書式付き情報は、前記測定書式付き情報である請求項3または4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

特性点（PP1、PPi、PPj、PPm）を含む普遍集合（M）と基準面（SR）上の基準点（PR1、PRi、PRj、PRm）からなる仮想基準（R）から前記測定フィールドD（H）を得るために使用する第1の計算アルゴリズム（AC1）を含み、前記第1の計算アルゴリズム（AC1）は前記媒体（SC）上の前記特性点のイメージ（I）を出力するために前記機器を使用することにより前記普遍集合（M）を取込または復元する段階を含み、特性点（PP1、PPi、PPj、PPm）のイメージはこれ以降、特性イメージ点（PT1、PTi、PTj、PTm）として定義され、前記第1の計算アルゴリズム（AC2）はさらに、
 ー 前記特性イメージ点（PT1、PTi、PTj、PTm）と前記基準点との間の双射を定める段階、
 ー 前記一組の可変特性の中から、これ以降選択可変特性と呼ぶ可変特性を0、1つ、または複数選択する段階を含み、
 前記測定フィールド（D（H））は、
 ー 前記基準点の1つ（PRm）および前記双射によって関連付けられている特性イメー

ジ点 ($P T_m$) からなる対の集まり、および

— 前記イメージ (I) に対する、前記選択した可変特性のそれぞれの値で構成される請求項3から5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】

さらに、前記媒体 (SC) と前記基準面 (SR) との間の数理的投影 ($H(P R_j)$)、特に双線形変換を選択する段階を含み、

前記測定フィールド ($D(H)$) は、前記イメージ (I) については前記選択した可変特性のそれぞれの値と、各基準点 ($P R_i$ 、 $P R_m$) については、

— 前記基準点 ($P R_j$) と、前記双射により前記基準点 ($P R_j$) に関連付けられている前記特性イメージ点 ($P T_j$) の前記基準面 (SR) への前記数理的投影 ($H(P R_j)$) からなる対、および／または

— 前記双射により前記基準点 ($P R_j$) に関連付けられている特性イメージ点 ($P T_j$) と前記媒体 (SC) の上への前記基準点 ($P R_j$) の前記数理的投影 ($H(P R_j)$) からなる対で構成される請求項6に記載の方法。

【請求項8】

さらに、前記測定書式付き情報から、前記基準面 (SR) 上の任意の基準点 ($P Q R_i$) および／または前記媒体 (SC) の任意の特性イメージ点 ($P Q T_i$) に関係する前記拡張を書式付き情報を、前記任意の基準点または前記任意の特性イメージ点に関係する前記書式付き情報を推論することにより取得する段階を含む請求項6または7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

機器連鎖の前記機器はイメージに依存する少なくとも1つの可変特性、特に焦点距離および／または焦点合わせを備え、各可変特性に値を関連付け前記可変特性と前記値の集まりからなる組み合わせを形成することができ、

さらに、

— 所定の組み合わせを選択する段階、

— 特にこのようにして選択した前記所定の組み合わせのそれぞれに対し前記第1の計算アルゴリズム ($AC2$) を採用することにより、測定書式付き情報を計算する段階を含む請求項3から8のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】

場合に依りて引数を、

— 前記基準面 (SR) 上の任意の基準点 ($P Q R_i$) および組み合わせ、または

— 前記媒体 (SC) の任意の特性イメージ点 ($P Q T_i$) および組み合わせとして定義し、

さらに、前記測定書式付き情報から、任意の引数に関係する前記拡張書式付き情報を推論する段階を含む請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記拡張書式付き情報を前記測定書式付き情報から推論するために、

— 第1の閾値が定義され、

— 前記偏差が前記第1の閾値よりも小さくなるように拡張書式付き情報が選択される請求項8または10のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

さらに、前記偏差を前記書式付き情報に関連付ける段階を含む請求項3から11のいずれか一項に記載の方法。

【請求項13】

さらに、前記媒体 (SC) 上で、4つの特性イメージ点 ($P T_m$ 、1～4) によって定義された四辺形が最大面積とイメージ (I) の幾何学的中心の近くに置かれた重心を持つように前記4つの特性イメージ点を選択する段階を含み、前記数理的投影は前記4つの特性イメージ点を前記双射により前記4つの特性イメージ点に関連付けられている基準点 ($P R_m$ 、1～4) に変換する双線形変換である請求項6から12のいずれか一項に記載の方

法。

【請求項 14】

前記イメージを複数の色平面からなるカラーイメージとし、さらに前記色平面のそれぞれについて前記同じ数理的投影を使用することにより前記色平面のうちの少なくとも2つに前記第1の計算アルゴリズム（AC2）を使用して前記測定書式付き情報を出力する段階を含む請求項6から13のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記イメージを複数の色平面（PTR、PTG、PTB）からなるカラーイメージとし、さらに前記色平面のそれぞれについて前記同じ仮想基準を使用することにより、前記色平面のうちの少なくとも1つに前記第1の計算アルゴリズム（AC2）を使用して前記測定書式付き情報を出力する段階を含み、

前記書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、前記機器の色収差を補正することができるような方法を使用する請求項6から14のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 16】

機器連鎖（APP1）の機器（App1、App2、App3）に関する書式付き情報（IF）を出力するシステムであって、前記機器連鎖は特に、少なくとも1つの画像取込機器（App1）および／または少なくとも1つのイメージ復元機器（APP2）を備え、前記連鎖の少なくとも1つの機器の幾何学的歪みに関係する書式付き情報を出力する計算手段を備えるシステム。

【請求項 17】

前記機器はイメージ（I）を取込または媒体（SC）上に復元することができ、前記機器はイメージ（I）に応じて少なくとも1つの固定された特性および／または1つの可変特性を含み、前記固定された特性および／または可変特性は特性の1つまたは複数の値、特に、焦点距離および／または焦点合わせおよび関連する特性の値と関連付けることができ、測定フィールド（D(H)) から、前記機器の幾何学的歪みに関係する測定書式付き情報を含み、前記書式付き情報に前記測定書式付き情報を含めることができる請求項16に記載のシステム。

【請求項 18】

さらに、前記測定書式付き情報（IFM1～IFMm）から前記機器の幾何学的歪みに関係する拡張書式付き情報（IFE1～IFE m）を出力する計算手段（MC2）を備え、前記書式付き情報に前記拡張書式付き情報を含めることができ、前記拡張書式付き情報は前記測定書式付き情報と対比した偏差を示す請求項17に記載のシステム。

【請求項 19】

前記測定書式付き情報から得られる前記書式付き情報は一組のパラメータ化可能モデル、特に一組の多項式から選択されたパラメータ化可能モデル（SP）のパラメータにより表され、さらに、前記パラメータ化可能モデルの集まりのうちから前記パラメータ化可能モデルを選択する選択手段を含み、前記選択手段は、

- 最大偏差を定義し、
- 採用の複雑度に応じて前記一組のパラメータ化可能モデルの前記パラメータ化可能モデルを順序付け、
- 前記偏差が前記最大偏差よりも小さくなるように前記順序付けた一組のパラメータ化可能モデルのパラメータ化可能モデルの第1のモデルを選択するデータ処理手段を備える請求項18に記載のシステム。

【請求項 20】

前記拡張書式付き情報は、前記測定書式付き情報である請求項18または19のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 21】

特性点（PP1、PPi、PPj、PPm）を含む普遍集合（M）と基準面（SR）上の基準点（PR1、PRi、PRj、PRm）からなる仮想基準（R）から前記測定フィールド（D(H)) を得るために使用する第1の計算アルゴリズム（AC1）を採用する計

算手段を備え、

画像取込機器または前記イメージ復元機器は、前記普遍集合(M)を取込する手段または復元する手段を備え、それらの手段を使用して、前記特性点(P P)のイメージ(I)を前記媒体(S C)上に出力することができ、特性点(P P)のイメージをこれ以降、特性イメージ点(P T)として定義し、

前記第1の計算アルゴリズム(A C 1)の計算を行う前記手段は、さらに、

- 前記特性イメージ点(P T 1、P T i、P T j、P T m)と前記基準点(P R 1、P R i、P R j、P R m)との間の双射を定め、
- 前記一組の可変特性のうちから、これ以降選択可変特性と呼ぶ可変特性を0、1つ、または複数選択するデータ処理手段を備え、

前記測定フィールド(D (H))は、

- 前記基準点の1つ(P R m)および前記双射によって関連付けられている特性イメージ点(P T m)からなる対の集まり、および
- 前記イメージ(I)に対する、前記選択した可変特性のそれぞれの値で構成される請求項18から20のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項22】

さらに、前記媒体(S C)と前記基準面(S R)との間の数理的投影(H (P R j))、特に双線形変換を選択する分析手段を備え、

前記測定フィールド(D (H))は、前記イメージ(I)については前記選択した可変特性のそれぞれの値と、各基準点(P R)については、

- 前記基準点(P R m)と、前記双射により前記基準点(P R j)に関連付けられている前記特性イメージ点(P T j)の前記基準面(S R)への前記数理的投影(H (P R j))からなる対、および／または
- 前記双射により前記基準点(P R j)に関連付けられている特性イメージ点(P T j)と前記媒体(S C)の上への前記基準点の前記数理的投影からなる対で構成される請求項21に記載のシステム。

【請求項23】

さらに、前記測定書式付き情報から、前記基準面(S R)上の任意の基準点(P Q R i)および／または前記媒体(S C)の任意の特性イメージ点(P Q T i)に関係する前記拡張を書式付き情報を、前記任意の基準点または前記任意の特性イメージ点に関係する前記書式付き情報を推論することにより取得するデータ処理手段を備える請求項21または22のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項24】

前記機器連鎖の前記機器はイメージに依存する少なくとも1つの可変特性、特に焦点距離および／または焦点合わせを備え、各可変特性に値を関連付け前記可変特性と前記値の集まりからなる組み合わせを形成することができ、

さらに、

- 所定の組み合わせを選択する選択手段、
- 特にこのようにして選択した前記所定の組み合わせのそれぞれに対し前記第1の計算アルゴリズム(A C 1)を採用することにより、測定書式付き情報を計算する計算手段を備える請求項18から23のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項25】

場合に依りて引数で、

- 前記基準面(S R)上の任意の基準点(P Q R j)および組み合わせ、または
- 前記媒体(S C)の任意の特性イメージ点(P Q T j)および組み合わせとして定義し、

さらに、前記測定書式付き情報から、任意の引数に関係する前記拡張書式付き情報を推論するデータ処理手段(M C 2)を備える請求項24に記載のシステム。

【請求項26】

拡張書式付き情報を前記測定書式付き情報から推論するために、前記偏差が第1の閾値よ

りも小さくなるように前記データ処理手段が拡張書式付き情報を選択する選択手段を備える請求項23または25のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項27】

前記偏差は前記書式付き情報に関連付けられている請求項18または26のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項28】

さらに、前記媒体（SC）上で、4つの特性イメージ点（PTm. 1～4）によって定義された四辺形が最大面積とイメージ（I）の幾何学的中心の近くに置かれた重心を持つように前記4つの特性イメージ点を選択する選択手段を備え、前記数理的投影は前記4つの特性イメージ点を前記双射により前記4つの特性イメージ点に関連付けられている基準点に変換する双線形変換である請求項21から27のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項29】

前記イメージを複数の色平面からなるカラーイメージとし、さらに前記色平面のそれぞれについて前記同じ数理的投影を使用することにより前記色平面のうちの少なくとも2つに前記第1の計算アルゴリズム（AC1）を採用して前記測定書式付き情報を出力するデータ処理手段を備え、

前記書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、前記機器の歪みおよび／または色収差を補正することができるような方法を使用する請求項21から28のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項30】

前記イメージを複数の色平面からなるカラーイメージとし、さらに前記色平面のそれぞれについて前記同じ仮想基準を使用することにより前記色平面のうちの少なくとも1つに前記第1の計算アルゴリズム（AC1）を採用して前記測定書式付き情報を出力するデータ処理手段を備え、

前記書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、前記機器の色収差を補正することができるような方法を使用する請求項21から29のいずれか一項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、幾何学的歪みに関係する書式付き情報を出力する方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、機器連鎖の機器に関係する書式付き情報を出力する方法に関する。機器の連鎖は、特に、少なくとも1つの画像取込機器および／または少なくとも1つのイメージ復元機器を含む。この方法は、連鎖の少なくとも1つの機器の幾何学的歪みに関係する書式付き情報を出力する段階を含む。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明によれば、機器はイメージを取込したり、媒体にイメージを復元することができるのが好ましい。機器は、イメージに応じて、少なくとも1つの固定特性および／または1つの可変特性を含む。固定特性および／または可変特性は、1つまたは複数の特性の値、特に焦点距離および／または焦点合わせ、および関連する特性の値と関連付けることができる。この方法は、測定フィールドから、機器の幾何学的歪みに関係する測定書式付き情報を出力する段階を含む。書式付き情報は、測定書式付き情報を含むことができる。

【0005】

拡張書式付き情報と偏差

本発明により、この方法はさらに、測定書式付き情報からの機器の幾何学的歪みに関係する拡張書式付き情報を出力する段階を含むのが好ましい。書式付き情報は、拡張書式付き情報を含むことができる。拡張書式付き情報は、前記測定書式付き情報と対比した偏差を示す。

【0006】

本発明によれば、測定書式付き情報から出力された書式付き情報が一組のパラメータ化可能モデルから選択したパラメータ化可能モデルのパラメータ、特に一組の多項式により表されるような方法であるのが好ましい。この方法は、さらに、一組のパラメータ化可能モデルの中のパラメータ化可能モデルを選択する段階を含み、選択するために、

- ー 最大偏差を定義し、
- ー 採用の複雑度に応じて一組のパラメータ化可能モデルのパラメータ化可能モデルを順序付け、
- ー 偏差が最大偏差よりも小さくなるように順序付けた一組のパラメータ化可能モデルのパラメータ化可能モデルの第1のものを選択する。

【0007】

本発明の他の実施形態によれば、拡張書式付き情報は測定書式付き情報としてよい。

【0008】

本発明によれば、この方法は、特性点を含む普遍集合と基準面上の基準点からなる仮想基準から測定フィールドを得るために使用する第1の計算アルゴリズムを含むのが好ましい。第1の計算アルゴリズムは、媒体に特性点のイメージを出力するために機器を使用して普遍集合の取込または復元を行う段階を含む。以下、特性点のイメージを特性イメージ点として定義する。

【0009】

第1の計算アルゴリズムはさらに、

- ー 特性イメージ点と基準点との間の双射を定める段階、
- ー 一組の可変特性の中から、これ以降選択可変特性と呼ぶ可変特性を0、1つ、または複数選択する段階を含む。

【0010】

測定フィールドは以下のものから構成される。

【0011】

- ー 基準点の1つおよび双射によって関連付けられている特性イメージ点からなる対の集まり、
- ー 注目しているイメージに対する選択した可変特性のそれぞれの値。

【0012】

本発明によれば、この方法はさらに、媒体と基準面との間の数理的投影、特に双線形変換を選択する段階を含むことが好ましい。測定フィールドは、イメージについては選択した可変特性のそれぞれの値と、各基準点については、

- ー 基準点と、双射により基準点に関連付けられている特性イメージ点の基準面への数理的投影からなる対、および／または
- ー 双射により基準点に関連付けられている特性点と、基準点の媒体への数理的投影からなる対で構成される。

【0013】

任意の点の書式設定を行う補間については、

本発明によれば、この方法はさらに、任意の基準点または任意の特性イメージ点に関係する書式付き情報を推定することにより、測定書式付き情報から、基準面上の任意の基準点に関係するかつ／または媒体の任意の特性イメージ点に関係する拡張書式付き情報を取得する段階を含むのが好ましい。

【0014】

可変焦点距離については、

本発明によれば、この方法は、機器連鎖の機器が、イメージに依存する少なくとも1つの可変特性、特に焦点距離を備える、かつ／または焦点合わせを行えるような方法であるのが好ましい。それぞれの可変特性は、値と関連付け、可変特性と値の集まりからなる組み合わせを形成することができる。この方法は、さらに、

- 所定の組み合わせを選択する段階、
- 特にこのようにして選択した所定の組み合わせのそれぞれに対し第1の計算アルゴリズムを採用することにより、測定書式付き情報を計算する段階を含む。

可変焦点距離—任意の点における書式設定

場合に応じて、引数を、

- 基準面上の任意の基準点および組み合わせ、または
- 媒体の任意の特性イメージ点および組み合わせとして定義する。

【0015】

本発明により、この方法はさらに、測定書式付き情報から、任意の引数に関する拡張書式付き情報を推定する段階を含むのが好ましい。技術的な特徴の組み合わせから、書式付き情報はよりコンパクトであり、測定誤差に強いことがわかる。

【0016】

偏差に対する閾値の選択とこの閾値による書式設定

本発明により、測定書式付き情報から拡張を書式付き情報を推定するために、

- 第1の閾値が定義され、
- 偏差が第1の閾値よりも小さくなるように拡張書式付き情報が選択されるような方法であるのが好ましい。

【0017】

偏差の書式付き情報への追加については、

本発明によれば、この方法はさらに、偏差を書式付き情報に関連付ける段階を含むことが好ましい。技術的な特徴の組み合わせから、機器によって取込されたイメージを処理するためにその書式付き情報をソフトウェア側で使用し、残っている幾何学的歪みが判明しているイメージを取得することがわかる。技術的な特徴の組み合わせから、イメージ処理ソフトウェア側で書式付き情報を使用することで、判明している残留幾何学的歪みを持つイメージ復元機器により復元する予定のイメージを取得することがわかる。

【0018】

双線形変換の選択については、

本発明によれば、この方法はさらに、媒体上で、4つの特性イメージ点を、その4つの特性イメージ点により定められる四辺形の最大面積と重心がイメージの幾何学的中心の近くに置かれるように選択する段階を含むのが好ましい。数理的投影は、4つの特性イメージ点を双射により4つの特性イメージ点に関連付けられている基準点に変換する双線形変換である。技術的な特徴の組み合わせから、イメージ処理ソフトウェア側で遠近法をわずかに変えてイメージを取込または復元するために使用できる書式付き情報を取得することが可能であることがわかる。

【0019】

カラーイメージ歪みの場合については、

本発明により、イメージは複数の色平面からなるカラーイメージであるのが好ましい。この方法はさらに、少なくとも2つの色平面に第1の計算アルゴリズムを使用し、色平面毎に同じ数理的投影を使用して、測定書式付き情報を出力する段階を含む。このようにして、書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、機器の歪みおよび／または色収差を補正することができる。

【0020】

本発明により、イメージは複数の色平面からなるカラーイメージであるのが好ましい。この方法はさらに、少なくとも1つの色平面に第1の計算アルゴリズムを使用し、色平面毎に同じ仮想基準を使用して、測定書式付き情報を出力する段階を含む。このようにして、書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、機器の色収差を補正すること

ができる。

【0021】

システム

本発明は、機器連鎖の機器に関係する書式付き情報を出力するシステムに関する。機器の連鎖は、特に、少なくとも1つの画像取込機器および／または少なくとも1つのイメージ復元機器を含む。このシステムは、連鎖の少なくとも1つの機器の幾何学的歪みに関係する書式付き情報を出力する計算手段を含む。

【0022】

機器はイメージを取込したり、媒体にイメージを復元することができる。機器は、イメージに応じて、少なくとも1つの固定特性および／または1つの可変特性を含む。固定特性および／または可変特性は、1つまたは複数の特性の値、特に焦点距離および／または焦点合わせ、および関連する特性の値と関連付けることができる。本発明により、このシステムは、測定フィールドから、機器の幾何学的歪みに関係する測定書式付き情報を出力する計算手段を備える。書式付き情報は、測定書式付き情報を含むことができる。

【0023】

拡張書式付き情報と偏差については、

本発明により、このシステムはさらに、測定書式付き情報からの機器の幾何学的歪みに関係する拡張書式付き情報を出力する計算手段を含むのが好ましい。書式付き情報は、拡張書式付き情報を含むことができる。拡張書式付き情報は、測定書式付き情報と対比した偏差を示す。

【0024】

モデルの概念—補間—閾値の選択と閾値に到達する最も単純なモデルの選択

本発明によれば、測定書式付き情報から出力された書式付き情報が一組のパラメータ化可能モデルから選択したパラメータ化可能モデルのパラメータ、特に一組の多項式により表されるようなシステムであるのが好ましい。このシステムはさらに、一組のパラメータ化可能モデルの中のパラメータ化可能モデルを選択する選択手段を備える。選択手段は、

- 最大偏差を定義し、
- 採用の複雑度に応じて一組のパラメータ化可能モデルのパラメータ化可能モデルを順序付け、
- 偏差が最大偏差よりも小さくなるように順序付けた一組のパラメータ化可能モデルのパラメータ化可能モデルの第1のものを選択するデータ処理手段を備える。

【0025】

本発明の他の実施形態では、拡張書式付き情報は測定書式付き情報であってよい。

【0026】

本発明によれば、この方法は、特性点を含む普遍集合と基準面上の基準点からなる仮想基準から測定フィールドを得るために使用する第1の計算アルゴリズムを採用する計算手段を備えるのが好ましい。画像取込機器またはイメージ復元機器は、普遍集合を取込する手段または復元する手段を備え、特性点のイメージを媒体上に出力することができる。以下、特性点のイメージを特性イメージ点として定義する。

【0027】

第1の計算アルゴリズムの計算手段は、さらに、

- 特性イメージ点と基準点との間の双射を定め、
- 一組の可変特性の中から、これ以降選択可変特性と呼ぶ可変特性を0、1つ、または複数選択するデータ処理手段を備える。

【0028】

測定フィールドは、

- 基準点の1つおよび双射によって関連付けられている特性イメージ点からなる対の集まり、
- 注目しているイメージに対する選択した可変特性のそれぞれの値で構成される。

【0029】

本発明によれば、このシステムはさらに、媒体と基準面との間の数理的投影、特に双線形変換を選択する分析手段を備えることが好ましい。イメージについては、測定フィールドは、選択した各可変特性の値で構成され、各基準点については、

- 基準点と、双射により基準点に関連付けられている特性イメージ点の基準面への数理的投影からなる対、および／または
- 双射により基準点に関連付けられている特性イメージ点と、基準点の媒体への数理的投影からなる対で構成される。

【0030】

任意の点の書式設定を行う補間については、

本発明によれば、このシステムはさらに、任意の基準点または任意の特性イメージ点に係る書式付き情報を推定することにより、測定書式付き情報から、基準面上の任意の基準点に係るか／または媒体の任意の特性イメージ点に係る拡張書式付き情報を取得するデータ処理手段を備えるのが好ましい。

【0031】

可変焦点距離については、

本発明によれば、このシステムは、機器連鎖の機器が、イメージに依存する少なくとも1つの可変特性、特に焦点距離を備える、かつ／または焦点合わせを行えるようなシステムであるのが好ましい。それぞれの可変特性は、値と関連付け、可変特性と値の集まりからなる組み合わせを形成することができる。システムはさらに、

- 所定の組み合わせを選択する選択手段、
- 特にこのようにして選択した所定の組み合わせのそれぞれに対し第1の計算アルゴリズムを採用することにより、測定書式付き情報を計算する計算手段を備える。

【0032】

可変焦点距離—任意の点における書式設定については、
場合に応じて、引数を、

- 基準面上の任意の基準点および組み合わせ、または
- 媒体の任意の特性イメージ点および組み合わせとして定義する。

【0033】

本発明により、このシステムはさらに、測定書式付き情報から、任意の引数に係る拡張書式付き情報を推定するデータ処理手段を備えるのが好ましい。技術的な特徴の組み合わせから、書式付き情報はよりコンパクトであり、測定誤差に強いことがわかる。

【0034】

偏差に対する閾値の選択とこの閾値による書式設定

本発明によれば、測定書式付き情報から拡張書式付き情報を推定するデータ処理手段は、偏差が第1の閾値よりも小さくなるように拡張書式付き情報を選択する選択手段を備えるのが好ましい。

【0035】

偏差の書式付き情報への追加については、

本発明により、偏差は前記書式付き情報に関連付けられているのが好ましい。技術的な特徴の組み合わせから、機器によって取込されたイメージを処理するためにその書式付き情報をソフトウェア側で使用し、残っている幾何学的歪みが判明しているイメージを取得できることがわかる。技術的な特徴の組み合わせから、イメージ処理ソフトウェア側で書式付き情報を使用することで、判明している残っている幾何学的歪みを持つイメージ復元機器により復元する予定のイメージを取得することができることがわかる。

【0036】

双線形変換の選択については、

本発明によれば、このシステムはさらに、媒体上で、4つの特性イメージ点を、その4つの特性イメージ点により定められる四辺形の最大面積と重心がイメージの幾何学的中心の近くに置かれるように選択する選択手段を備えるのが好ましい。数理的投影は、4つの特性イメージ点を双射により4つの特性イメージ点で関連付けられている基準点に変換する

双線形変換である。技術的特徴の組み合わせから、イメージ処理ソフトウェア側で遠近法をわずかに変えてイメージを取込または復元するために使用できる書式付き情報を取得することが可能であることがわかる。

【0037】

カラーイメージ歪みの場合については、イメージは複数の色平面からなるカラーイメージである。本発明によれば、このシステムはさらに、少なくとも2つの色平面に第1の計算アルゴリズムを使用し、色平面毎に同じ数理的投影を使用して、測定書式付き情報を出力するデータ処理手段を備えるのが好ましい。このようにして、書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、機器の歪みおよび／または色収差を補正することができる。

【0038】

本発明により、イメージは複数の色平面からなるカラーイメージであるのが好ましい。このシステムはさらに、少なくとも1つの色平面に第1の計算アルゴリズムを使用し、色平面毎に同じ仮想基準を使用して、測定書式付き情報を出力するデータ処理手段を備える。このようにして、書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して、機器の色収差を補正することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

本発明の他の特徴および利点は、指示され、また非制限的な例と図で示される本発明の他の実施形態の説明を読むと明らかになる。

【0040】

図1は、対象107、センサ101およびセンサ表面110、光心111、センサ表面110上の観測点105、観測点105、光心111、シーン3を通る観測方向106、およびセンサ表面110と幾何学的に関連付けられている表面10を含むシーン3を示している。

【0041】

図2は、イメージ103、イメージ復元手段19、および復元媒体190上に得られる復元されたイメージ191を示している。

【0042】

図3は、シーン3、画像取込機器1、およびピクセル104からなるイメージ103を示している。

【0043】

図4aおよび4bは、基準シーン9の2つの代替バージョンを示している。

【0044】

図5は、シーン3、シーン3の数理的イメージ70を与える数理的投影8、使用している特性74に対するシーン3のイメージ103を与える実際の投影72、イメージ103の補正されたイメージ71を与えるパラメータ化可能変換モデル12、数理的イメージ70と比較した場合の差73を示す補正されたイメージ71を使用する組織図を示している。

【0045】

図6は、イメージ103、使用している復元特性95に対するイメージ103の復元されたイメージ191を与える実際の復元投影90、イメージ103の訂正された復元イメージ94を与えるパラメータ化可能復元変換モデル97、訂正された復元イメージ94の数理的復元イメージ92を与え、復元されたイメージ191と比較した場合の復元差93を示す数理的復元投影96を使用する組織図を示している。

【0046】

図7は光学系100、センサ101、および電子ユニット102からなる画像取込機器1を備えるシステムを示している。図7は、イメージ103を含むメモリゾーン16、書式付き情報15を含むデータベース22、およびイメージ103および書式付き情報15からなる完成したイメージ120を、イメージ処理用ソフトウェア4を含む計算手段17に送信するための手段18を示している。

【0047】

図8は、フィールド90で構成される書式付き情報15を示している。

【0048】

図9aから9dは、数理的イメージ70、イメージ103、点の数理的位置40、および点の数理的形状41を、対応するイメージの点の実際の位置50および実際の形状51と対比して示している。

【0049】

図10は、特性点の配列80を示している。

【0050】

図11は、イメージ103、使用している特性74、および特性のデータベース22を採用している組織図を示している。書式付き情報15は、使用される特性74から取得され、データベース22に格納される。完成したイメージ120は、イメージ103と書式付き情報15から取得される。

【0051】

図12は、基準シーン9、基準シーン9の合成イメージクラス7を与える数理的投影8、および使用する特性74に対する基準シーン9の基準イメージ11を与える実際の投影72を採用する組織図を示している。この組織図ではさらに、基準イメージ11の変換されたイメージ13を与えるパラメータ化可能変換モデル12を使用している。変換されたイメージ13は、偏差14を合成イメージクラス7と対比して示す。

【0052】

機器

特に図2、3、13a、13bおよび24を参照して、機器APP1の概念について説明する。本発明の意味の範囲内において、機器APP1は特に、

- 使い捨て写真機器、デジタル写真機器、反射機器、スキャナ、ファクス機、内視鏡、カムコーダー、監視カメラ、ウェブカム、電話、パーソナルデジタルアシスタント、またはコンピュータに組み込まれているまたは接続されているカメラ、サーマルカメラ、または反響機器などの図3に示した画像取込機器1、または図13aに示した画像取込機器、
- スクリーン、プロジェクタ、TVセット、仮想現実ゴーグル、またはプリンタなどの図13bに図示したイメージ復元機器APP2または図2に図示したイメージ復元手段19、
- 乱視などの視覚に異常のある人間、
- エミュレートできることが望まれ、例えば、Leicaブランドの機器によって生成されるのと類似の表示のイメージを出力する機器、
- ボケを加えるエッジ効果を持つ、ズームソフトウェアなどのイメージ処理用デバイス

、

- 複数の機器APP1と同等の仮想機器、

スキャナ／ファクス／プリンタ、写真現像ミニラボ、または電子会議機器などのさらに複雑な機器APP1は、1つの機器APP1または複数の機器APP1とみなすことができる。

【0053】

機器連鎖については、

特に図24を参照して、機器連鎖P3の概念について説明する。機器連鎖P3は、一組の機器APP1として定義される。機器連鎖P3の概念は、さらに、オーダーの概念も含むことができる。

以下の例は、機器連鎖P3を構成するものである。

【0054】

- 単一機器APP1、
- 画像取込機器およびイメージ復元機器、
- 例えば写真現像ミニラボの写真機器、スキャナ、またはプリンタ、
- 例えば写真現像ミニラボのデジタル写真機器またはプリンタ、

- 例えばコンピュータのスカナ、画面、またはプリンタ、
- 画面またはプロジェクタ、および人間の目、
- エミュレートできることが望まれる1つの機器および他の機器、
- 写真機器およびスカナ、
- 画像取込機器およびイメージ処理用ソフトウェア、
- イメージ処理用ソフトウェアおよびイメージ復元機器、
- 前記の例の組み合わせ、
- 他の機器セットA P P 1。

【0055】

欠陥については、

特に図24を参照して、欠陥P5の概念について説明する。機器A P P 1の欠陥P5は、光学系および／またはセンサおよび／または電子ユニットおよび／または機器A P P 1に組み込まれているソフトウェアの特性に関係する欠陥として定義され、欠陥P5の例として、幾何学的歪み、ボケ、口径食、色収差、色のレンダリング、フラッシュ様性、センサノイズ、粒、非点収差欠陥、球面収差欠陥などがある。

【0056】

イメージについては、

特に図13aを参照して、イメージIの概念について説明する。イメージIは、機器A P P 1によって取込または修正または復元されるデジタルイメージとして定義される。イメージIは、機器連鎖P3の機器A P P 1から生じる。イメージIは、機器連鎖P3の機器A P P 1にアドレス指定される。静止イメージの時系列からなるビデオイメージなどのアニメーションイメージの場合、イメージIはイメージ列の1つの静止イメージとして定義される。

【0057】

書式付き情報については、

特に図24を参照して、書式付き情報I Fの概念について説明する。書式付き情報I Fは、機器連鎖P3の1つまたは複数の機器A P P 1の欠陥P5に関するデータとして定義され、これにより、機器A P P 1の欠陥P5を考慮することにより変換されたイメージを計算することが可能である。書式付き情報I Fを出力するために、基準の測定および／または取込または復元、および／またはシミュレーションに基づくさまざまな方法を使用することができる。

【0058】

書式付き情報I Fを出力するために、例えば、Vision IQという名称での本出願と同日に出願され「Method and system for reducing update frequency of image processing means」という表題の国際特許出願で説明されている方法を使用することが可能である。その出願では、イメージ処理手段、特にソフトウェアおよび／またはコンポーネントの更新頻度を減らす方法を説明している。イメージ処理手段では、機器連鎖から引き出される、または機器連鎖を送り先とするデジタルイメージの品質を修正することが可能である。機器の連鎖は、特に、少なくとも1つの画像取込機器および／または少なくとも1つのイメージ復元機器で構成される。イメージ処理手段は、機器連鎖の少なくとも1つの機器の欠陥に関係する書式付き情報を使用する。書式付き情報I Fは、少なくとも1つの変数に依存する。書式付き情報により、変数の1つと識別子の1つとの対応関係を定めることが可能である。識別子を使って、識別子およびイメージを考慮して識別子に対応する変数の値を決定することが可能である。技術的特徴を組み合わせることで、特に物理的重要性および／変数の内容がイメージ処理手段を分配した後のみ判明する場合に、変数の値を決定することが可能であることがわかる。さらに、技術的特徴の組み合わせから、補正ソフトウェアの2回の更新を間隔をおいて行うことができることがわかる。さらに、技術的特徴の組み合わせから、機器および／またはイメージ処理手段を作成するさまざまな企業は自社の製品を他の企業とは無関係に更新することができるが、これは、後者が自社製品の特性

を根本から変えたり、クライアントに自社製品を更新させることができない場合であってもそうであることがわかる。また、技術的特徴の組み合わせから、新しい機能を限られた数の経済的活動組織および先駆者ユーザーから始めて徐々に配備してゆくことができることがわかる。

【0059】

書式付き情報 I F を出力するために、例えば、本出願と同日に出願され「Method and system for providing formatted information to image-processing means, according to a standard format」という表題の国際特許出願で説明されている方法を使用することが可能である。その出願では、標準形式に従って、書式付き情報 I F をイメージ処理手段、特にソフトウェアおよび／またはコンポーネントに供給する方法について説明している。書式付き情報 I F は、機器連鎖 P 3 の欠陥に関係している。機器連鎖 P 3 は、特に、少なくとも 1 つの画像取込機器 1 および／または 1 つのイメージ復元機器 19 を含む。イメージ処理手段では、書式付き情報 I F を使用して、前記機器連鎖 P 3 から引き出す、または機器連鎖 P 3 を送り先とする少なくとも 1 つのイメージの品質を修正する。書式付き情報 I F は、画像取込機器 1 の欠陥 P 5 を特徴づけるデータ、特に歪み特性、および／またはイメージ復元機器 19 の欠陥を特徴づけるデータ、特に歪み特性を含む。

【0060】

本方法は、標準形式の少なくとも 1 つのフィールドに書式付き情報 I F を書き込む段階を含む。フィールドは、フィールド名で指定し、フィールドには少なくとも 1 つのフィールド値が含まれる。

【0061】

書式付き情報 I F を使用するために、例えば、Vision IQ という名称で本出願と同日に出願され「Method and system for modifying the quality of at least one image derived from or addressed to an appliance chain」という表題の国際特許出願で説明されている方法を使用することが可能である。その出願では、指定機器連鎖から引き出す、または指定機器連鎖を送り先とする少なくとも 1 つのイメージの品質を修正する方法を説明している。指定された機器連鎖は、少なくとも 1 つの画像取込機器 1 および／または少なくとも 1 つのイメージ復元機器で構成される。複数の経済活動組織が市場に漸次導入している画像取込機器 1 および／またはイメージ復元 19 機器 19 は中間の機器群に属している。この機器群の機器 A P P 1 は、書式付き情報によって特徴付けられる欠陥 P 5 を示している。注目しているイメージについては、この方法は以下の段階を含む。

【0062】

- 機器群の機器に関係する書式付き情報の情報源のディレクトリをコンパイルする段階、
- このようにしてコンパイルされた書式付き情報の間の指定された機器連鎖に関係する特定の書式付き情報を自動的に検索する段階、
- このようにして得られた特定の書式付き情報を考慮しながら、イメージ処理ソフトウェアおよび／またはイメージ処理コンポーネントを使用して自動的にイメージ I を処理する段階。

【0063】

書式付き情報 I F を使用するために、例えば、Vision IQ という名称で本出願と同日に出願され「Method and system for calculating a transformed image from a digital image and formatted information related to a geometric transformation」という表題の国際特許出願で説明されている方法を使用することが可能である。その出願では、デジタルイメージおよ

び幾何学的変換に関係する書式付き情報 I F、特に機器連鎖の歪みおよび／または色収差に関係する書式付き情報 I F から変換イメージを計算する方法を説明している。この方法は、幾何学的変換の近似から変換イメージを計算する段階を含む。そのことから、メモリリソース、メモリバンドパス、計算パワー、したがって消費電力に関して経済的であることがわかる。また、このことから、変換されたイメージに、後で使用するに関して目に見える、あるいはやっかいな欠陥がないことがわかる。

【0064】

書式付き情報 I F を使用するために、例えば、「Method and system for correcting the chromatic aberrations of a color image constructed by means of an optical system」という表題の Vision IQ という名称、特許番号_____で出願した本発明の国際特許出願と同日に出願した国際特許出願で説明されている方法を使用することが可能である。この特許では、複数のデジタル化された色平面からなるカラーイメージの色収差を補正する方法について説明されている。カラーイメージは、光学系を使用して構成した。この方法は、

- 少なくとも一部は、デジタル化された色平面の幾何的異常をモデリングし補正し、補正されデジタル化された色平面を得る段階、
- 補正されデジタル化された色平面を組み合わせ、色収差について全部または一部補正されたカラーイメージを取得する段階

を含む。

【0065】

可変特性については、次に、可変特性の概念について説明する。本発明によれば、可変特性は測定可能なファクタとして定義され、これは同じ機器 A P P 1 によって取込、修正、または復元された、機器 A P P 1 によって取込、修正、または復元されたイメージの欠陥 P 5 に影響を及ぼすイメージ I 毎に異なり、特に、これは、

- 所定のイメージ I について固定されている、大域的変数、例えば、ユーザーの調整に関係するまたは機器 A P P 1 の自動機能に関係するイメージの取込または復元のときの機器 A P P 1 の特性、
- 所定のイメージ I 内で可変である、局所的変数、例えば、イメージ I のゾーンに応じて異なるローカル処理を必要な場合に適用することができる、イメージ内の座標、 x 、 y 、または ρ 、 θ である。

【0066】

一方の機器 A P P 1 から他方へ変えられるが、一方のイメージ I から同じ機器 A P P 1 により取込、修正、または復元された他方のイメージまで固定されている、測定可能ファクタは一般に、可変特性とみなされない。例えば、焦点距離が固定されている機器 A P P 1 の焦点距離である。

【0067】

書式付き情報 I F は、少なくとも 1 つの可変特性に依存する。

【0068】

可変特性により、特に以下のことが理解できる。

【0069】

- 光学系の焦点距離、
- イメージに適用される再寸法設定（デジタルズーム係数：イメージの一部の拡大、および／またはサンプリングでは：イメージのピクセル数の削減）、
- ガンマ補正など非線形明度補正、
- 機器 A P P 1 により適用されるボケ修正のレベルなど、輪郭を際立たせること、
- センサおよび電子ユニットの雑音、
- 光学系の口径、
- 焦点距離、

- フィルム上のフレームの数、
- 露光不足または露光過多、
- フィルムまたはセンサの感度、
- プリンタで使用する用紙の種類、
- イメージ内のセンサの中心の位置、
- センサに相対的なイメージの回転、
- 画面に相対的なプロジェクタの位置、
- 使用されるホワイトバランス、
- フラッシュおよび／またはその動力の起動、
- 露光時間、
- センサ利得、
- 圧縮、
- コントラスト、
- 動作モードなど、機器A P P 1のユーザーによって適用される他の調整、
- 機器A P P 1の他の自動調整、
- 機器A P P 1により実行される他の測定、

可変特性の値

次に、可変特性の値の概念について説明する。可変特性の値は、指定されたイメージの取込、修正、または復元が行われるときの可変特性の値として定義される。

【0070】

パラメータ化可能モデルについては、

本発明の意味では、パラメータ化可能モデルまたはパラメータ化可能変換モデルまたはパラメータ化可能変換は、1つまたは複数の機器A P P 1の1つまたは複数の欠陥P 5に係る可変特性に依存することができる数理的モデルとして定義される。機器の欠陥P 5に係る書式付き情報I Fは、可変特性に依存するパラメータ化可能モデルのパラメータの形式で提示することができる。

【0071】

幾何学的歪みに係る書式付き情報については、

図13aは、

- 前記の基準シーン9とすることができる普遍集合M、
- イメージを含む媒体S Cであって、画像取込システムの場合、表面S Cは、センサ（C C Dなど）の表面、またはイメージ復元システムの場合、映写幕またはプリンタの用紙の表面とすることができる媒体、
- 前記において合成イメージクラス7の合成イメージとすることができる、仮想基準Rまたは仮想基準イメージを含む、仮想基準面S R（前記の表面10に等価である）を使用する組織図を示している。

【0072】

機器連鎖P 3の機器A P P 1を使用すると、イメージI（前記で基準イメージ11と定義されている）は、センサ表面とすることができる、媒体S C上の普遍集合Mから得られる。機器連鎖は、イメージを取得するために使用できる一組の機器である。例えば、機器連鎖A p p 1/A p p 2/A p p 3は、画像取込機器、スキャナ、印刷機器などを含むことができる。

【0073】

したがって、イメージIは欠陥P 5、および特に、これらの機器A P P 1に係る幾何学的歪みを含む。

【0074】

仮想基準Rは直接、Mから推論され、完全または準完全とみなさなければならない。これは、Mと同一または準同一であるか、またはそうではなく、以下でわかるように、違いのあることを示す。

【0075】

例えば、普遍集合Mおよび基準面Rとの関係を以下のように説明することができる。普遍集合Mの点 $P P 1$ から $P P m$ には、基準面SRの仮想基準R内の基準点 $P R 1$ から $P R m$ が対応するだけでなく、媒体SCのイメージIの特性イメージ点 $P T 1$ から $P T m$ が対応する。

【0076】

したがって、本発明の実施例によれば、機器APP1または機器連鎖P3を使用してイメージIを構築する段階が用意される。

【0077】

後続の段階で、特定の個数の点 $P T i$ 、 $P R i$ を選択する。これらの点は、限られた個数分だけ選択され、普遍集合M、イメージI、および仮想基準Rの特性ゾーンに置かれる。そうしてから、イメージの点 $P T i$ と仮想基準の点 $P R i$ の間に双射が定められる。こうして、各選択した点 $P T i$ に対し対応する点 $P R i$ が対応付けられ、また各点 $P R i$ に対して点 $P T i$ が対応付けられる。

【0078】

他の段階では、機器APP1でイメージIを取得するために使用されるもののうちから機器APP1（または機器連鎖）の可変特性を選択することが可能であるが、必要というわけではない。機器または機器連鎖の可変特性は、機器の光学系の焦点距離、焦点、口径、1組の写真の中の写真の枚数、デジタルズーム、およびイメージの部分取込の特性（つまり「クロッピング」）を含むことができる。

【0079】

以下の情報の集まりは測定フィールドDHを含み、イメージを補正するため、これを使って、後から、

— 双射、あるいは言い換えると、選択済みであり前記双射を介して対応する点 $P T i$ と $P R i$ との対の集まり、

— 選択した一組の可変特性
を使用することが可能になる。

【0080】

測定フィールドを含むこの情報を使用することにより、測定書式付き情報を取得することができる。

【0081】

他の実施形態では、機器をシミュレートするソフトウェア、特に光学シミュレーションソフトウェア、または光学測定ベンチを使用して、普遍集合Mの点 $P P i$ または普遍集合Mのモデルの点 $P P i$ からの点 $P T i$ を計算することが可能である。

【0082】

図14aは、測定フィールドを取得する他の形態を示している。

【0083】

この図14aは、普遍集合M、基準面SR、および媒体SCを示している。

【0084】

前記のように、イメージIは、機器APP3を使用して媒体SC上に構成される。その後、前記の双射が適用される。

【0085】

そして、媒体SCの点と基準面SRの点の間に数理的投影、好ましくは双線形変換が定められる。

【0086】

図14bから、基準面の点 $P R j$ 毎に数理的投影によりイメージの点H（ $P R j$ ）を取得できることがわかる。双射によって関連付けられている対の2つの点 $P R j$ と $P T j$ について、媒体SCの上への $P R j$ の数理的投影である点H（ $P R j$ ）があることが好ましい。

【0087】

これらの条件の下で、定められた数理的投影の式をフィールド情報に加えることにより、

さらに完全な測定フィールドが得られる。

【0088】

したがって、測定フィールドDHは、

- 選択された任意の可変特性を含み、
- 異なる基準点PRについて、媒体SCの上への基準点PR_jの数理的投影H(PR_j)から、双射により対応する点PT_jに関連付けられている新しい点H(PR_j)が得られる。したがって、測定フィールドでは、双射によって関連付けられている点の一連の対が存在し、そこでは、各対の一方の点は対の他方の点の数理的投影となっている。

【0089】

そこで、測定フィールドDHはさらに、

- 選択した可変特性、
- それぞれ、基準面の点PTと、双射により媒体SCの点PTと関連付けられている点PRの数理的投影を表す点H(PR)からなる対で構成することもできる。

【0090】

このようにしてイメージについて得られた測定フィールドDHは、係数として、得られた点の対の集まりに対する可変特性を含んでおり、メモリ空間を利用することができる。

【0091】

本発明の他の実施形態によれば、測定フィールドDHは、

- 選択した可変特性、
- 点PTと媒体SC上の点PR（双射により点PTと関連付けられている）の数理的投影の対、
- 点PRと基準面SR上の点PT（双射により点PRと関連付けられている）の数理的投影の対を含む。

【0092】

前記のように、測定フィールドDHで、測定書式付き情報を取得することが可能である。

【0093】

図13a～14bに示されている方法およびシステムの前記の例を使用すると、イメージIおよび仮想基準Rの選択した点と同じ数の情報の集まりからなる測定フィールドDHとして定義されている測定のフィールドを取得することができる。

【0094】

イメージIに対するこの測定フィールドを使用することで、一組の測定書式付き情報IFMが含まれる。したがって、点PT_jの測定書式付き情報は、例えば、

- 使用されている1つまたは複数の機器の固定特性、
- 選択した可変特性、
- イメージ内の点PT_jのX、Y位置、
- 双射による対応する点PR_jの数理的投影を含む。

【0095】

恒等写像は、例えばスキャナで 사용할 ことができる特別な数理的投影であることに注意されたい。

【0096】

このシステムを使用することで、大量の点と大量の情報を処理する必要が生じる。システムをより柔軟に動作させ、処理を高速化し、かつ／または測定誤差の影響を受けにくくするために、図15aおよび15bに示されている方法およびシステムを使用し、測定書式付き情報IFM₁～IFM_nから、有限次数の多項式のクラスから選択した次数の制限されている多項式や適切な次数のスプライン関数などの制限された次元の空間内で選択した関数により表すことができる表面に属す拡張書式付き情報IFE₁～IFE_mを推論することができる。

【0097】

図15aおよび15bは、測定書式付き情報が単一変数のみの関数であるケースに対応す

る簡略化された例を示している。本発明は、そのようなケースが一般的なのだが、書式付き情報が複数の変数の関数である場合に同じようにして適用可能である。

【0098】

図15aおよび15bは、測定書式付き情報がスカラーであり、2変数(X, Y)のみの関数であるケースに対応する簡略化された例を示している。本発明は、そのようなケースが一般的なのだが、書式付き情報がベクトルであり、2変数よりも多い変数の関数である場合に同じようにして適用可能である。

【0099】

図15bでは、イメージの点の異なる座標が平面IM上に示されている。測定書式付き情報IFM1は、座標X1、Y1の点に置かれている。したがって、平面IMの点毎に、特定の値を持つ書式付き情報がある。本発明は、多項式曲面のSPなどのパラメータ化可能モデルを計算する。SPを計算する具体的な方法として、測定書式付き情報のすべての端点を通過または近くを通ることによりこの表面を計算する方法がある。他の手順では、指定されたパラメータ化の直線または曲線上点の位置揃えなど、Mの点の部分集合の幾何学的特性（必ずしもユークリッド的ではない）を保存することが可能である。システムは、これらの条件の下で、大量の測定書式付き情報保護に頼らずに、イメージの処理中にパラメータ化可能モデルを使用することができる。

【0100】

すべての点を通過するまたはそれらの点のすべてに近い表面SPを見つけることには困難がある。偏差ECが測定書式付き情報IFMと拡張書式付き情報IFEの間に存在するという仮定を置く。さらに、そのようなECは特定の閾値dsを超えてはならないことも決定される。これらの条件の下で、多項式曲面が測定書式付き情報IFM±dsのすべての点を通るようにすることが適切である。

【0101】

撮影誤差、測定誤差、補正に必要な精度レベルについて適宜この閾値を選択する。

【0102】

採用した方法およびシステムは、例えば、多項式の形式で作成することができる指定された個数のパラメータ化可能モデルを使用することに対応することができる。これらのモデルは複雑度の上がる順で分類されるものとする。

【0103】

これ以降、一組の測定情報が保持されているとした場合、好ましくは最も単純なモデル（最低次数の多項式）から開始することにより各モデルをテストし、このテストを、多項式曲面の交差と各測定書式付き情報の方向で、測定書式付き情報と比較した偏差ECが閾値dsよりも小さい拡張書式付き情報が得られるまで続ける。

【0104】

図15aおよび15bに概略が示されている方法およびシステムは、拡張測定書式付き情報を得られるように設計されている。しかし、本発明は、測定書式付き情報のみを書式付き情報として使用するように制限することも可能である。測定書式付き情報および拡張測定書式付き情報を書式付き情報として使用するようにすることも可能である。

【0105】

どのような場合でも、書式付き情報に、測定書式付き情報と拡張書式付き情報との間に見つかった偏差ECを関連付けるようにすることも可能である。このようにして、イメージ処理ソフトウェアでは書式付き情報を使用すれば、画像取込機器によって取込されたイメージであろうと、イメージ復元機器によって復元されたイメージであろうと、幾何学的残差が知られているイメージを取得することが可能である。

【0106】

図16aおよび16bを参照して、イメージIの測定フィールドD(H)の計算の別バージョンを説明する。

【0107】

図16aのアルゴリズムAC2の組織図によれば、図14aに示されているような普遍集

合Mを利用することができ、機器APP3を使用したこの普遍集合Mの取込は、第1の段階ET2. 1の過程で行われる。イメージIは、媒体SC上で得られる。さらに、基準面SR上の仮想基準Rも利用できる。この仮想基準Rは主に、普遍集合Mを、正確にまたはほぼ正確に表す。

【0108】

段階ET2. 2の過程で、媒体SCのイメージIの特性イメージ点PTと基準面SR（図14aも参照）の仮想基準Rの基準点PRとの間に双射が定められる。

【0109】

段階ET2. 3の過程で、媒体SC（またはイメージI）の異なる点と基準面SR（または仮想基準R）の異なる点の間の双線形変換などの数理的投影が選択される。

【0110】

段階ET2. 4の過程で、特性イメージ点PT毎にまたは基準点PR毎に幾何学的歪み欠陥を特徴付けるベクトルを計算する。図16bは、実用的な実施例による方法のこの段階を示している。この図は、基準面SR上に分布する基準点PRの異なる値を示している。PR内のp_o毎に、双射によりPRに関連付けられている点PTの数理的投影H（PT）が関連付けられる。原点PR、端点H（PT）を持つベクトルVMは点毎に計算される。

【0111】

段階ET2. 5の過程で、測定フィールドを計算する。

【0112】

測定ベクトルのフィールドとしても定義することができる、このフィールドDHは、
 ー 双射によって関連付けられている選択した点PTおよびPRの対、
 ー 点毎に計算して求められるベクトルで構成される。

【0113】

フィールドDHはさらに、より単純に、
 ー SRの基準点PRおよび／またはSCの特性イメージ点PTおよび／またはSCの上への基準点PRの数理的投影（または逆にSRの上への特性イメージ点PTの投影）、
 ー および前段で計算しその点と関連付けられているベクトルで構成することもできる。

【0114】

測定フィールドDHは、さらに、機器APP1（APP2）の可変特性を含むこともできる。

【0115】

フィールドDHはさらに、測定情報の近似で構成することもできる。実際、計算の領域および／または時間の利得を稼ぐため、測定書式付き情報を限られた数のビット（例えば、3ビット）で数量化することができる。

【0116】

段階ET2. 4で、計算で求められるベクトルVMは曲面SRの上への点PTの数理的投影H（PT）を原点として、点PRを端点として持つものとすることができることに注意されたい。

【0117】

それとは別に、ベクトルVMは、特性点PTを原点として、双射によって関連付けられている点PRの数理的投影を端点として持つものでもよい。逆に、ベクトルVMは、双射により点PTに関連付けられている点PRの数理的投影を原点として、この点PT、または前記点を使用している他の組み合わせを端点として持つものとすることもできる。

【0118】

前記の説明で、書式付き情報は可変特性を含むことができることがわかった。実際、焦点距離、焦点合わせ、絞り口径、取込速度、口径などの組み合わせなど、可変特性の組み合わせが関わる可能性がある。異なる組み合わせに関係する書式付き情報をどのように計算するかを推測することは難しく、特に焦点距離および距離など組み合わせのいくつかの特性は連続変化するためなおさら困難である。

【0119】

図17に示されているように、本発明は、知られている可変特性の組み合わせに関する測定書式付き情報から補間により書式付き情報を計算することができる。

【0120】

例えば、図17の簡略化した図で、それぞれの平面は組み合わせの指定された値に対するイメージの測定書式付き情報を含む。例えば、平面 $f = 2$ は「焦点距離 = 2、距離 = 7、取込速度 = $1 / 100$ 」の組み合わせに対応する。平面 $f = 10$ は「焦点距離 = 10、距離 = 7、取込速度 = $1 / 100$ 」の組み合わせに対応する。平面 $f = 50$ は「焦点距離 = 50、距離 = 7、取込速度 = $1 / 100$ 」の組み合わせに対応する。

【0121】

とりわけ可変特性に「焦点距離 = 25、距離 = 7、および取込速度 = $1 / 100$ 」の組み合わせが含まれる、媒体の任意の点 PQT または基準面の任意の点 PQR に対し、拡張書式付き情報の値を図17の2つの平面 $f = 10$ および $f = 50$ の間で補間し、特に、図17の平面がイメージの点 PT の測定書式付き情報を表すと仮定して、平面 $f = 10$ および $f = 50$ の2つの点 $PT(10)$ および $PT(50)$ の間で補間する。

【0122】

したがって、本発明の実施例では、図13または14に関して説明したような測定フィールドの計算を使用し、それに続いて、図15aから16bに関して説明したように書式付き情報の計算を使用する。これらの異なる計算および対応する段階は、可変特性の異なる組み合わせおよび／または関連する値との異なる組み合わせについて実行される。その後、任意の点 (PQT または PQR) または任意の、ただし知られている組み合わせを使用して取込したイメージ I の任意の点の集まりについて、拡張書式付き情報を測定書式付き情報の2平面の間で補間する。

【0123】

図17では、書式付き情報を計算する際の点に測定書式付き情報が知られている場合の点と同じ座標 X および Y を持つケースが考察されている。

【0124】

図18は、任意の点 PQR_i または PQT_i の測定書式付き情報を探索するケースを示しているが、これは平面 $f = 10$ および $f = 50$ の間に置かれ、またその座標は平面 $f = 10$ および $f = 50$ の点の座標に対応していない。

【0125】

各点に対して、点の少なくとも座標 X_i および Y_i さらに可変特性の組み合わせの特性を含む引数 A_i が割り当てられている。

【0126】

平面 $f = 2$ は、可変特性の組み合わせ $C1.0$ に対応する。平面 $f = 10$ は、組み合わせ $C2.0$ に対応し、平面 $f = 50$ は、組み合わせ $Cm.0$ に対応する。

【0127】

平面 $f = 2$ の各点には、引数として、「座標 X 、 Y 、組み合わせ $C1.0$ 」が設定される。

【0128】

書式付き情報が検索される点 PQR_i または PQT_i には、引数として、「座標 X_i 、 Y_i 、組み合わせ C_i 」が設定される。

【0129】

これらの条件の下で、例えば、この方法およびシステムは、平面 $f = 10$ および $f = 50$ の測定書式付き情報の項目に対し補間を実行する。

【0130】

任意の点 PQT / PQR について、例えば、この点に関係する書式付き情報を見つけるためにこの点に関係する引数 (X 、 Y 、焦点距離、距離、口径、 iso 、速度、フラッシュなど) をパラメータ化可能モデルに再度入れるので十分である。

【0131】

基準面 SR と媒体面 SC の間の双線形変換を計算する効果的な方法として、媒体 SC と基

準面SR上で、双射により対応する4点 $P T m 1 \sim P T m 4$ 、および $P R m 1 \sim P R T m 4$ を選択する方法があるが、例えば、これは、媒体SCと基準面SRの周囲限界にある。例えば、これらの点の位置は、これらの点の間に含まれる面積が最大になるように選択される。

【0132】

さらに、図19cに示されているように、これらの点の位置は、これらの点により定められている四辺形の対角線の交差点が四辺形の中心に、あるいは中心に近い位置にある。

【0133】

そうして、4つの特性点 $P T m. 1 \sim P T m. 4$ を4つの基準点 $P R m. 1 \sim P R m. 4$ に変換することができる数理的投影（双線形変換など）を計算する。

【0134】

数理的投影は、イメージの書式付き情報に関連付けられている。

【0135】

イメージ処理ソフトウェアでこの書式付き情報を使用し、遠近法の幾何学的歪みを補正または遠近法をほとんど変更しないイメージを復元することが可能である。

【0136】

4つの点 $P T m. 1 \sim 4$ および $P R m. 1 \sim 4$ を選択する他の方法として、イメージI内で、双射により点 $P T m. 1 \sim 4$ に対応する点 $P R m. 1 \sim 4$ の数理的投影である、点H（ $P R m. 1 \sim 4$ ）によって形成される四辺形に、倍率を除いてできる限り近い四辺形を形成するように4つの点 $P T m. 1 \sim 4$ を抽出する方法がある。

【0137】

図20a～20dを参照して、カラーイメージに関係する書式付き情報を計算する方法について説明する。カラーイメージは、複数の単色イメージで構成されているものとみなすことができる。従来、カラーイメージは3つの単色イメージ（赤、緑、青）からなる3色イメージであると考えることができる。光学では、光学系と光透過媒体によって引き起こされる歪みが異なる波長に異なる効果を引き起こすことが知られている。したがって、3色イメージでは、機器の同じ物理的欠陥により、赤色の波長の光によって搬送されるイメージ、緑色の波長の光によって搬送されるイメージ、および青色の波長の光によって搬送されるイメージに異なる歪みが引き起こされる。

【0138】

図20aに示されているように、準同一仮想基準Rに再度対応する3色普遍集合Mから始めると、イメージIにおいて、平面SCR、SCG、およびSCB上に別々に示されている、3つのスーパーインポーズされたイメージR、G、およびBが対応する。3つのイメージIR、IG、およびIBは異なる歪みを示し、結局、3色イメージは幾何学的歪みと色収差の両方を示すことになる。

【0139】

図20bは、イメージ処理ソフトウェアが歪みおよび／または色収差を補正するのに使用できる書式付き情報が得られる方法およびシステムの原理を示している。

【0140】

この方法およびシステムによれば、色毎の1つの書式付き情報をイメージの各3色点について計算する。したがって、色の数だけ単色イメージを補正するのが適切であると考えられる。3色の例では、3つのイメージを補正するかのように計算が実行される。

【0141】

3つのイメージIR、IG、およびIBの書式付き情報を計算するために、図13a～19cに関して説明したのと同じ方法およびシステムを使用する。

【0142】

図20bは、3色点PR（RGB）を含む仮想基準Rを持つ曲面SRを示しており、さらに、それぞれ単色の点PTR、PTG、PTBを含むイメージIを3つの単色イメージIR、IG、IBに分解することも示している。

【0143】

3色点に関係する書式付き情報を計算する一方法として、3つの色平面に同じ仮想基準Rを使用する方法がある。そこで、図20bに示されているように、3つの数理的投影、つまり赤色点P T Rの数理的投影H R、緑色点P T Gの数理的投影H G、および青色点P T Bの数理的投影H Bを使用する。

【0144】

3色点に関係する書式付き情報を計算する第2のアプローチとして、単一の数理的投影H RまたはH GまたはH Bの計算に使用される単一の単色イメージI RまたはI GまたはI Bの選択を使用する方法がある。例えば、イメージI Rからだけ書式付き情報を抽出し、この書式付き情報を緑および青のイメージに関して保持する。このアプローチは、計算時間およびメモリ領域に関して経済的である。

【0145】

このようにして得られた書式付き情報を使用することにより、幾何学的歪みを補正することが可能になる。

【0146】

図20cに示されているように、他のアプローチとして、同じ仮想基準Rを使用し、単色平面の1つの上への任意選択で定義されている同じ数理的投影を使用して色平面毎に書式付き情報を計算する方法がある。例えば、赤色点に関係する数理的投影H Rのみを計算する。その後、この数理的投影を3つの赤色、緑色、および青色点に適用し、これらの3点の書式付き情報を計算する。この場合、イメージ処理ソフトウェアでイメージの幾何学的歪みと色収差の両方を補正することが可能になる。

【0147】

図20dに示されている他のアプローチは以下のとおりである。

【0148】

ー 赤色イメージI Rなどの指定色のイメージの場合、完全であると仮定した仮想基準Rおよび赤色イメージI Rの面の上への仮想基準の点の数理的投影H (R)を使用することにより書式付き情報の計算を行い、赤色イメージの歪みを補正することができる。

【0149】

ー 緑色および青色イメージI GおよびI Bなどの他の色のイメージの場合、前記のカラーイメージ採用されている例に応じて赤色イメージI Rを仮想基準R'として使用し、緑色イメージI G、その後青色イメージI Bの順でその面の上へのこの赤色イメージの点の同じ数理的投影H (I R d)を実行する。この数理的投影は、緑色および青色イメージの上への赤色イメージの点の恒等写像（または恒等投影）であるのが好ましい。このようにして、赤色、緑色、青色のイメージの間の差（色収差）を抑えることが可能である。したがって、緑色および青色のイメージの点の書式付き情報は、赤色イメージの上への仮想基準Rの点の数理的投影だけでなく緑色および青色のイメージの上への赤色イメージのそれぞれの数理的投影（恒等）を含むことができる。このアプローチにより、場合に応じて、赤色イメージから抽出した書式付き情報のみを使用して歪みだけを補正する、緑色および青色のイメージに関係する書式付き情報のみを使用して色収差だけを補正する、書式付き情報すべてを使用して同時に2つの現象を補正するというようにできる。

【0150】

前記の説明によれば、その欠陥を補正する際の精度を加減しながら、幾何学的歪みに関係するものと異なる方法で色収差に関係するそれぞれのパラメータ化可能モデルに対して閾値を選択することができることに注意されたい。

【0151】

また、数理的投影の選択はイメージの一部のみについて行えることにも注意されたい。例えば、イメージIおよび仮想基準Rが図22に示されているような形状を持ち、遠近法効果をイメージ内に復元する場合、媒体S Cの上への点P Rの数理的投影は、双線形変換を定義するのに十分な、4つの点P T 1～P T 4およびP R 1～P R 4のみを使用することにより可能である。イメージの他の点は、図22に示されているイメージI C 1などの遠近法効果を示すイメージを取得することを目的としてこの数理的投影に従う。この数理的

投影の選択は、この方法で計算して求めた書式付き情報を使用してイメージ処理ソフトウェアにより補正するイメージへの特定の効果を得られるように一般化することができる。

【0152】

歪みの補正に色情報が使用されているが、明度情報を使用することも可能であることに注意されたい。

【0153】

前記の説明では、仮想基準Rは普遍集合Mと準同一であるとみなした。仮想基準Rが普遍集合Mとまったく同一であると考えられる場合、普遍集合Mの正確な複製となるようにイメージIを補正することができる書式付き情報を計算することが可能である。

【0154】

図21に示されているように、仮想基準Rは普遍集合Mと比較して変形されると仮定することができる。例えば、仮想基準は台形であるが、普遍集合Mは矩形である。得られる書式付き情報を使用して、補正されたイメージ上に台形変形を引き起こすようにイメージIを補正することができる。このような配置の応用例はオーバーヘッドプロジェクタであり、投影ビームの軸が画面の平面に対して垂直でないという事実により、投影時にこれらの機器により引き起こされるよく知られている変形を補正することができる。

【0155】

また、歪みにより仮想基準を変形し、イメージIの構成が可能だった機器により得られるものと異なる機器で得られる特性およびさらには欠陥も引き起こすことが可能である。例えば、仮想基準で、改善された機器またはそれとは別に旧式の機器の特性を引き起こし、特定の見かけを補正イメージに与えることが可能である。ソフトウェアが書式付き情報および／または測定書式付き情報を使用して第1の画像取込機器により取込されたイメージを処理し、歪みに関して品質が第2の画像取込機器に匹敵するイメージが得られるように、そのような仮想基準とともに得られる書式付き情報、測定書式付き情報、または拡張測定書式付き情報を使用して、仮想基準内に引き起こされた歪みを統一する。この手法は、さらに、イメージ復元にも適用可能であるが、その場合、イメージ処理ソフトウェアが、第1の復元を機器を使用することにより、歪みに関して品質が第2の復元機器によって実現される品質に匹敵するイメージを復元することができると思う。

【0156】

さらに、得られた書式付き情報がイメージ処理ソフトウェアによって使用される場合、補正されたイメージの周囲に未処理ゾーンが存在すると規定することができる。例えば、図23cに示されている未補正のイメージIから、図23bに示されているような補正されたイメージIcが得られ、これは未処理のゾーンZNを持ち、また図23bでは黒色で表されている。

【0157】

したがって、あらかじめ、書式付き情報を修正し、未処理ゾーンがなくなるような図23cに示されているような拡大効果Ic'を得ることができる。

【0158】

較正時および書式付き情報の計算時の実用上の目的のため、計算を実行し、説明した方法を複数のイメージに適用し、その後、得られた結果の平均を取り、そうして予め、必要ならば、異常と思われる結果を排除するように規定すると都合がよい。

【0159】

さらに、大量の値が含まれる可能性のある可変特性に関わる組み合わせの場合、組み合わせの数を制限するようにすることも可能である。この目的のために、それらの可変特性について主要コンポーネントの分析を実行すると規定する。これには、歪みがかなりある可変特性に対応するコンポーネントの特定の1つまたは複数の方向を探索する作業が必要である。他の方向については、他の可変特性が何であれ、おそらく、歪みの変動はほとんどまたはまったく存在しないことが観察されるであろう。こうして、これらの他の方向については考慮しないことにする。

【0160】

優先する1つまたは複数の方向において、所望の精度で、第1の n 個の組み合わせの関数として $(n+1)$ 番目の組み合わせを予測することができるという事実など異なる基準に従って基準イメージの数を選択する。

【0161】

前記の説明では、イメージは点で構成され、説明した方法およびシステムの処理動作が点に対して適用されると考えた。しかし、本発明の範囲を逸脱することなく、説明した方法およびシステムにより、要素を形成し、パターン（菱形など）を表す点の集合を処理することも可能である。

【0162】

機器または機器連鎖が少数の離散値（例えば、焦点距離の3つの離散値）のみを含む可変特性を持つ場合、精度に関して、採用した例にもよるが、焦点距離をパラメータとして含む近似多項式曲面を使用するのではなく3倍の固定焦点距離を持つプロセスを採用することは興味深い。

【0163】

イメージの品質はとりわけ、含まれる残留歪みに関して測定することができることを理解すると、このデバイスの応用分野はイメージ品質に関係する応用分野を含むであろう。本発明はさらに、表情「視覚測定」で知られている、コンピュータビジョンに基づく測定技術に適用することもできる。

【0164】

さらに、本発明は、イメージを取込するために使用した焦点距離の値を計算する場合にも使用できる。実際、補正されているため半径方向の歪みがないイメージから始めると、当業者であれば、G. -Q. WEI et al. による「Camera Calibration by Vanishing Point and Cross Ratio」(published in IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing, pages 1630-1633, Glasgow, Great Britain, May 1989) という表題の記事で説明されている消失点の幾何学的特性を使用できる。このため、画像取込またはイメージ復元デバイスの焦点距離だけでなくこの媒体の光軸の交差点のイメージ媒体SC上の位置をも取得することが可能である。例えば、この情報を視覚測定などの応用に使用することができる。

【0165】

さらに、双線形変換を除いて、普遍集合Mの知識は定められており、画像取込および／またはイメージ復元デバイスは撮影時に直交性の制約条件を必要としないことに注意されたい。点PTの位置は、規則正しい形状（直線または円）の上に必ずしも置かれず、確かに、ランダムな分布を持つこともある。さらに、その相対的位置は、倍率を除くだけで知ることができる。

【0166】

プロジェクタおよび写真機器など、あるいはプリンタおよびスキャナなどの複数の機器を含む機器連鎖の場合に本発明を使用し、機器の1つ、例えば、写真機器またはスキャナが歪み欠陥をまったく、またはほとんど示さない場合、この方法およびシステムでは、他の機器にのみ関係する書式付き情報を出力する。これは、欠陥のない、または欠陥が測定され、あらかじめ補正されている画像取込機器を使用することによりイメージ復元機器に関係する書式付き情報を出力する実際の方法の場合である。

【0167】

本発明が写真機器およびスキャナなどの複数の機器を含む機器連鎖の場合に採用されると、この方法とシステムにより、両方の機器に関係する書式付き情報が得られる。これは、スキャナの欠陥を知ることなく写真機器の欠陥を補正することができる実用的な方法の場合であり、その場合、本発明の方法およびシステムおよびイメージ処理手段により使用されるイメージは同じ機器によりスキャンされている。

【0168】

他の実施形態については、

本発明の他の特徴および利点については、

— 図1～12の示されている非制限的な例を示している、採用されている技術的用語の後述の定義と、

— 図1～12の説明
を読むと明らかになる。

【0169】

シーン

シーン3は、光源によって照らされている対象107を含む、三次元空間内の場所として定義される。

【0170】

画像取込機器、イメージ、画像取込

図3および7を参照して、画像取込機器1およびイメージ103から理解されるものについて説明する。画像取込機器1は、光学系100、1つまたは複数のセンサ101、電子ユニット102、およびメモリゾーン16からなる機器として定義される。前記画像取込機器1を使用すると、シーン3から、メモリゾーン16に記録されている、または外部デバイスに送信される、静止デジタルイメージまたはアニメーションデジタルイメージ103を取得することが可能である。アニメーションイメージは、時間とともに連続する静止イメージ103からなる。前記画像取込機器1は、特に写真機器、ビデオカメラ、PCに接続されている、または内蔵されているカメラ、パーソナルデジタルアシスタントに接続されている、または内蔵されているカメラ、電話に接続されている、または内蔵されているカメラ、電子会議機器、またはサーマルカメラなどの可視光線以外の波長を感知する測定用カメラまたは機器の形態をとることができる。

【0171】

画像取込は、画像取込機器1でイメージ103を計算するための方法として定義される。

【0172】

機器に複数の交換可能サブアセンブリ、特に光学系100を装備する場合、画像取込機器1は、機器の特別な構成として定義される。

【0173】

イメージ復元手段、復元されたイメージ、イメージ復元

図2を参照して、イメージ復元手段19によって理解されるものについて説明する。このようなイメージ復元手段19は、特に、画像表示画面、テレビ画面、平面型画面、プロジェクタ、バーチャルリアリティゴーグル、プリンタの形態をとることができる。

【0174】

このようなイメージ復元手段19は、

— 電子ユニット、

— 1つまたは複数の光源、電子源、またはインク源

— 1つまたは複数の変調装置、つまり光、電子、またはインクの変調を行うためのデバイス、

— 特に、映写機の場合には光学系の形態、CRT画面の場合には電子線集束コイル、または平面型画面の場合にはフィルタの形態をとる焦点調節デバイス、

— 特に、CRT画面、平面型画面、またはプロジェクタの場合には画面の形態、プリンタの場合には印刷が実行される印刷媒体の形態、または仮想イメージプロジェクタの場合には空間内の仮想面の形態をとる復元媒体190で構成される。

【0175】

前記イメージ復元手段19を使用すると、イメージ103から、復元媒体190上の復元されたイメージ191を取得することが可能である。

【0176】

アニメーションイメージは、時間とともに連続する静止イメージからなる。

【0177】

イメージ復元は、イメージ復元手段19を使用してイメージを表示または印刷するための方法として定義される。

【0178】

復元手段19に複数の交換可能サブアセンブリまたは互いに関してずらすことができるサブアセンブリ、特に復元媒体190を装備する場合、イメージ復元手段19は、特別な構成として定義される。

【0179】

センサ表面、光心、焦点距離

図1を参照して、センサ表面110として定義されるものについて説明する。

【0180】

センサ表面110は、画像取込の瞬間に画像取込機器1のセンサ101の受感面により描かれる空間内の形状として定義される。この表面は一般に平面である。

【0181】

光心111は、画像取込の時にイメージ103と関連付けられている空間内の点として定義される。焦点距離は、センサ表面110が平面の場合にこの点111と平面110との間の距離として定義される。

【0182】

ピクセル、ピクセル値、露光時間については、

図3を参照して、ピクセル104とピクセル値によって理解されるものについて説明する。

【0183】

ピクセル104は、前記センサ表面110の一般的には矩形であるグリッドを作成することにより得られるセンサ表面110の基本ゾーンとして定義される。ピクセル値は、このピクセル104と関連する数値として定義される。

【0184】

画像取込は、各ピクセル104の値を決定するものとして定義される。これらの値の集まりがイメージ103を構成する。

【0185】

画像取込の際に、露光時間として定義されている期間にピクセル104の表面上で光学系100を介してシーン3から得られる光束の一部について積分し、この積分の結果をデジタル値に変換することによりピクセル値が得られる。光束の積分および／またはこの積分のデジタル値への変換は、電子ユニット102を使って行われる。

【0186】

ピクセル値のこの定義は、静止イメージであろうとアニメーションであろうと、白黒またはカラーイメージ103の場合に適用することができる。

【0187】

しかし、場合によっては、光束の注目している部分は以下のさまざまな方法で得られる。

【0188】

a) カラーイメージ103の場合、センサ表面110は一般に、異なる波長の光束とそれぞれ関連付けられた複数の種類のピクセル104、例えば赤色、緑色、および青色のピクセルなどからなりたっている。

【0189】

b) カラーイメージ103の場合、複数のセンサ101を並べて配置し、それぞれが光束の一部を受け取るようにできる。

【0190】

c) カラーイメージ103の場合、使用される色は北米のNTSCテレビなどの場合の赤色、緑色、および青色と異なることがあり、また数も3つよりも多い場合がある。

【0191】

d) 最後に、飛び越し走査テレビカメラの場合、生成されるアニメーションイメージは、偶数番号の線を含むイメージ103と奇数番号の線を含むイメージ103を交互に並べた

ものからなる。

【0192】

使用する構成、使用する調整、使用する特性

使用する構成は、交換可能な場合には画像取込機器1に取りつけられる光学系100などの画像取込機器1の取り外し可能サブアセンブリのリストとして定義される。使用する構成は、

- ー 光学系100の種類と、
- ー 光学系100のシリアル番号またはその他の指定によって特に特徴づけられる。

【0193】

使用する調整は、次のように定義される。

【0194】

- ー 上で定義されているように使用される構成、および
- ー 使用する構成で使用可能な、イメージ103の内容に対する影響がある手動または自動調整の値。これらの調整は、ユーザーが、特に、プッシュボタンを使用して行うか、または画像取込機器1で計算することができる。これらの調整は、機器内の特に取り外し可能媒体に格納するか、または機器に接続されているデバイスに格納することができる。これらの調整は、特に、光学系100の焦点、ダイアフラム、および焦点距離の調整、露光時間の調整、ホワイトバランスの調整、およびデジタルズーム、圧縮、およびコントラストなどの統合イメージ処理調整を含む。

【0195】

使用される特性74または使用される特性74の集まりは以下のように定義される。

【0196】

a) 画像取込機器1の設計段階で決定される画像取込機器1の固有の技術的特性に関するパラメータ。例えば、これらのパラメータは、幾何学的欠陥および取込されたイメージの鮮明さに影響を及ぼす使用する構成の光学系100の式を含み、また使用する構成の光学系100の式は、特に、光学系100のレンズの形状、配置、および材質を含む。

【0197】

これらのパラメータはさらに以下のものを含む。

【0198】

- ー センサ101の幾何学的形状、つまりセンサ表面110、さらにこの表面上のピクセル104の形状および相対的配置、
- ー 電子ユニット102から発生する雑音、
- ー 光束からピクセル値への変換の式。

【0199】

b) 画像取込機器1の製造段階で決定される画像取込機器1の固有の技術的特性に関するパラメータと、特に、

- ー 使用する構成の光学系100のレンズの正確な位置決め、
- ー センサ101に相対的な光学系100の正確な位置決め。

【0200】

c) イメージ103の取込時に決定される画像取込機器1の技術的特性に関連するパラメータと、特に、

- ー シーン3に相対的なセンサ表面110の位置と向き、
- ー 使用する調整、
- ー 温度などの影響がある場合にそのような外部要因。

【0201】

d) ユーザーの好み、特にイメージ復元に使用する色温度。例えば、これらの好みは、ユーザーがプッシュボタンを使用して選択する。

【0202】

使用されている特性74は、特に、可変特性の概念を含む。

【0203】

観測点、観測方向

図1を参照して、観測点105と観測方向106によって理解されるものについて説明する。

【0204】

数理的表面10は、センサ表面110に幾何学的に関連付けられている表面として定義される。例えば、センサ表面が平面の場合、数理的表面10はセンサ表面と一致させることが可能である。

【0205】

観測方向106は、少なくともシーン3の1点と光心111を通る線として定義される。観測地点105は、観測方向106と表面10の交差点として定義される。

【0206】

観測色、観測光度

図1を参照して、観測色および観測光度によって理解されるものについて説明する。観測色は、所定の瞬間に前記観測方向106で前記シーン3によって放射されるか、透過されるか、または反射され、前記観測点105から観測された光の色として定義される。観測光度は、その同じ瞬間に前記観測方向106で前記シーン3によって放射され、前記観測点105から観測された光度として定義される。

【0207】

色は、特に、波長の関数である光度、さもなければ、比色計で測定された2つの値により特徴付けることができる。光度は、光度計などで測定された値により特徴付けられる。

【0208】

前記観測色および前記観測光度は、特に、シーン3内の対象107の相対的位置および存在する光源、さらに観測時点での対象107の透明度および反射特性に依存する。

【0209】

数理的投影、数理的イメージ、数理的点、点の数理的色、点の数理的光度、点の数理的形状、点の数理的位

一般的に言って、数理的投影などの数理的変換は、第1のイメージと第2のイメージとの対応関係、より正確には、第1のイメージの点と第2のイメージの点との対応関係を定めることができる演算である。

【0210】

図1から9d、および特に図5では、数理的投影8は実際のイメージまたはシーン3から、数理的イメージ70を構成する、または基準シーン9から合成イメージを構成することを目的としている。

【0211】

図13aから23c、および特に、図14aでは、数理的投影Hは、実際のイメージ（図14a上のイメージ1）と仮想基準（図14a上のR）との関係を定め、イメージと仮想基準との差を確定し、実際のイメージを補正するための情報を用意することを目的としている。

【0212】

例えば図1、5、9a、9b、9c、および9dを参照して、数理的投影8、数理的イメージ70、数理的点、点の数理的色、点の数理的光度、点の数理的形状41、および点の数理的位

【0213】

図5を参照して、数理的面10上の少なくとも1つのシーン3の指定された数理的投影8により数理的イメージ70を構成する方法についてまず説明する。

【0214】

まず、指定された数理的投影8によって理解されるものについて説明する。

【0215】

指定された数理的投影8により、数理的イメージ70は以下のものに関連付けられる。

【0216】

- イメージを取込したときのシーン3、
- 使用する特性74。

【0217】

指定された数理的投影8は、画像取込時にシーン3から、また使用する特性74から数理的イメージ70の各点の特性を決定するための変換である。

【0218】

数理的投影8は、後述の方法で優先的に定義される。

【0219】

数理的位置40は、数理的表面10上の観測方向105の位置として定義される。

【0220】

点の数理的形状41は、観測点105の幾何学的点形状として定義される。

【0221】

点の数理的色は、観測色として定義される。

【0222】

点の数理的光度は、観測光度として定義される。

【0223】

数理的点は、注目している観測点105数に対する学的位置40、数理的形状41、数理的色および数理的光度の関連付けとして定義される。数理的イメージ70は、前記数理的点の集まりからなる。

【0224】

シーン3の数理的投影8は、数理的イメージ70である。

【0225】

実際の投影、実際の点、点の実際の色、点の実際の光度、点の実際の形状、点の実際の位置

図3、5、9a、9b、9c、および9dを参照して、実際の投影72、実際の点、点の実際の色、点の実際の光度、点の実際の形状51、および点の実際の位置50の概念について説明する。

【0226】

画像取込時に、使用する特性74と関連付けられている画像取込機器1により、イメージが出力される。このようにして、図1および7では、シーン3のイメージ103が得られ、図13aおよび14aでは、普遍集合MのイメージIが得られる。図1では、シーン3から観測方向106に放射される光は光学系100を通り、センサ表面110に到達する。

【0227】

前記観測方向については、実際の点（または図3aの特性点）として定義されているものが得られ、これは、数理的点（または図32の基準点）と比較した差を示す。

【0228】

図9aから9dを参照して、実際の点と数理的点との違いについて説明する。

【0229】

前記観測方向106と関連する実際の形状51は、センサ表面上の点ではないが、三次元空間内の雲の形をとり、1つまたは複数のピクセル104と交差する。これらの違いは、コマ収差、球面収差、非点収差、ピクセル104へのグルーピング、色収差、被写界深度、回折、寄生反射、および画像取込機器1の像面湾曲のせいで生じる。これらにより、イメージ103のボケまたは鮮明さの欠如の印象が生じる。

【0230】

さらに、前記観測方向106と関連する実際の位置50は、点の数理的位置40と比較したときの差を示す。この差は特に幾何学的歪みによるもので、変形した印象が与えられ、例えば、垂直の壁が湾曲しているように見える。また、これは、ピクセル104の個数が制限されており、したがって、実際の位置50は有限個の値しか持ち得ないという事実のせいでもある。

【0231】

さらに、前記観測方向106と関連する実際の光度は、点の数理的光度と比較したときの差を示す。これらの差は、特にガンマおよび口径食によるもので、例えば、イメージ103のエッジが暗く見える。さらに、雑音が信号に加わることもある。

【0232】

最後に、前記観測方向106と関連する実際の色は、点の数理的色彩と比較したときの差を示す。これらの差は、特にガンマおよびカラーキャストによるものである。さらに、雑音は信号に加わることもある。

【0233】

実際の点は、注目している観測方向106に対する実際の位置50、実際の形状51、実際の色および実際の光度の関連付けとして定義される。

【0234】

シーン3の実際の投影72は、実際の点の集まりである。

【0235】

パラメータ化可能変換モデル、パラメータ、補正イメージ別の実施形態では、パラメータ化可能変換モデル12（または略してパラメータ化可能変換12）は、イメージ103およびパラメータの値から補正イメージ71が得られる数理的変換として定義される。後述のように、前記パラメータは特に、使用する特性74から計算で求められる。

【0236】

前記パラメータ化可能変換12を使用すると、特に、イメージ103の実際の点毎に、前記実際の点の補正位置、前記実際の点の補正色、前記実際の点の補正光度、および前記実際の点の補正形状をパラメータの値、前記実際の点の実際の位置、およびイメージ103のピクセルの値から決定することが可能である。例えば、補正位置は、係数がパラメータの値によって決まる固定次数の多項式を実際の位置の関数として使用して計算することができる。補正色および補正光度は、例えば、係数がパラメータの値と実際の位置によって異なる、ピクセルの値の重み付き総和とすることも、あるいはイメージ103のピクセルの値の非線形関数とすることもできる。

【0237】

これらのパラメータは、特に、使用する構成の光学系100の焦点距離、またはレンズ群の位置などの関連する値、使用する構成の光学系100の焦点、またはレンズ群の位置などの関連する値、使用する構成の光学系100の開口、またはダイアフラムの位置などの関連する値を含む。

【0238】

数理的イメージと補正イメージとの差については、図5を参照すると、指定されたシーン3と使用する所定の特性74に対する数理的イメージ70と補正イメージ71の差73は、補正された点の全部または一部および数理的点の全部または一部の位置、色、光度、および形状を特徴付ける数値から決定される1つまたは複数の値として定義される。

【0239】

例えば、所定のシーン3と使用される所定の特性74に対する数理的イメージ70と補正イメージ71との差73は以下のようにして決定することができる。

【0240】

一 例えば、図10に示されているように、規則正しく配置されている点の直交配列80の点である特性点を選択できる。

【0241】

一 例えば、特性点毎に、補正点および数理的な点のそれぞれに対する位置、色、光度、および形状の間の差の絶対値の総和をとることで、差73を計算する。差の絶対値の総和関数は、平均値、二乗和、または数値を結合できる他の関数など他の関数で置き換えることができる。

【0242】

基準シーンまたはユニバーサルセットについては、
基準シーン9（または図13a以降のユニバーサルセットM）は、いくつかの特性が知られているシーン3として定義される。例えば、図4aは規則正しく配置された黒で塗りつぶされた円が描かれている紙を示している。図4bは、同じ円にカラーの線と領域を加えた別の紙を示している。円は、点の実際の位置50、点の実際の形状51を測定するための線、および点の実際の色と点の実際の光度を測定するためのカラー領域を測定するために使用される。この基準シーン9は、紙以外の材質であってもよい。

【0243】

基準イメージ

図12を参照して、基準イメージ11（または図13a以降の媒体SCのイメージI）の概念について説明する。基準イメージ11は、画像取込機器1で得られる基準シーン9のイメージとして定義される。

【0244】

合成イメージ、合成イメージクラス

図12を参照して、合成イメージおよび合成イメージクラス7の概念について説明する。合成イメージは、基準シーン9の数理的投影8で得られる数理的イメージ70として定義される。合成イメージクラス7は、使用する特性74の1つまたは複数の集まりに対する1つまたは複数の基準シーン9の数理的投影8によって得られる数理的イメージ70の集まりとして定義される。基準シーン9が1つだけ、また使用する特性74の集まりが1つだけある場合、合成イメージクラス7は合成イメージを1つしか含まない。図13aおよびそれ以降の図では、仮想面SRの仮想基準Rはそのような合成イメージであると考えることができる。

【0245】

変換イメージについては、

図12を参照して、変換イメージ13の概念について説明する。変換イメージ13は、基準シーン11にパラメータ化可能変換モデル12を適用して得られる補正イメージとして定義される。

【0246】

合成イメージクラスに近い変換イメージ、残留偏差については、

図12を参照して、合成イメージクラス7に近い変換イメージ13の概念および残留偏差14の概念について説明する。

【0247】

変換イメージと合成イメージクラスとの差は、前記変換イメージと前記合成イメージクラス7の合成イメージ207のどれか1つとの最小の差として定義される。

【0248】

図12を参照して、各基準イメージ11を基準シーン9と使用する特性74の異なる場合に前記基準イメージ11に対応する基準シーン9の合成イメージクラス7に近い変換イメージ13に変換することができるものをパラメータ化可能変換モデル12から選択することが可能な第4のアルゴリズムについて説明する。

【0249】

ー 使用する所定の特性74の集まりと関連する所定の基準シーン9の場合に、基準イメージ11を合成イメージクラス7と比較して最小の差を示す変換イメージ13に変換することができるパラメータ化可能変換12（およびそのパラメータ）が選択されている。そこで、合成イメージクラス7および変換イメージ13は近いと言われる。残留偏差14は、前記差として定義されている。

【0250】

ー 使用する所定の特性74の集まりと関連する所定の基準シーンのグループの場合に、パラメータ化可能変換12（およびそのパラメータ）は、各基準シーン9の変換イメージ13と注目している各基準シーン9の合成イメージクラス7との差の関数として選択され

る。前記差の総和が最小になるように基準イメージ11を変換イメージ13に変換する場合に使用するパラメータ化可能変換12（およびそのパラメータ）が選択されている。総和関数は、積などの他の関数で置き換えることができる。そこで、合成イメージクラス7および変換イメージ13は近いと言われる。残留偏差14は、例えば、その平均を計算することにより前記差から求められる値として定義される。

【0251】

ー 使用されるいくつかの特性74が不明な場合、少なくとも1つの基準シーン9の複数の基準イメージ11の取込から決定することが可能である。この場合、不明な特性および特に反復計算により、または前記差および／またはその積の総和および／または他の前記差の適切な組み合わせに関して方程式を解くことにより前記差の総和が最小になるように基準イメージ11を変換イメージ13に変換する際に使用するパラメータ化可能変換12（およびそのパラメータ）が設定される。そこで、合成イメージクラス7および変換イメージ13は近いと言われる。不明な特性としては、例えば、センサ表面110および注目している各基準シーン9の相対位置および向きとすることができる。残留偏差14は、例えば、その平均を計算することにより前記差から求められる値として定義される。

【0252】

最良の変換については、

最良の変換は、パラメータ化可能変換モデル12のうち各基準イメージ11を前記基準イメージ11に対応する基準シーン9の合成イメージクラス7に近い変換イメージ13に変換できる変換と定義することができる。

【0253】

校正については、

校正は、1つまたは複数の使用する構成について、それぞれが画像取込機器1に関連付けられている光学系100からなる画像取込機器1の固有の特性に関係するデータを得るための方法として定義される。

【0254】

ケース1：構成が1つしかない場合、前記方法は以下の段階を含む。

【0255】

- ー 前記画像取込機器1に前記光学系100を取りつける段階、
- ー 1つまたは複数の基準シーン9を選択する段階、
- ー 使用する複数の特性74を選択する段階、
- ー 使用する前記特性に対する前記基準シーン9のイメージを取込する段階、
- ー 使用している同じ特性74に対応する基準シーン9のグループ毎に最良の変換を計算する段階。

【0256】

ケース2：所定の画像取込機器1および同じ種類のすべての光学系100に対応するすべての構成を考慮した場合、前記方法は以下の段階を含む。

【0257】

- ー 1つまたは複数の基準シーン9を選択する段階、
- ー 使用する複数の特性74を選択する段階、
- ー 使用する特性74および特に使用する構成の光学系100に対する式およびパラメータの値から、例えば、レイトレーシングにより光学系を計算するためのソフトウェアを使用してイメージ103を計算する段階、
- ー 使用している同じ特性に対応する基準シーン9のグループ毎に最良の変換を計算する段階。

【0258】

ケース3：所定の光学系100および同じ種類のすべての画像取込機器1に対応するすべての構成を考慮した場合、前記方法は以下の段階を含む。

【0259】

- ー 注目している種類の画像取込機器1に前記光学系100を取りつける段階、

- ー 1つまたは複数の基準シーン9を選択する段階、
- ー 使用する複数の特性74を選択する段階、
- ー 使用する前記特性に対する前記基準シーン9のイメージを取込する段階、
- ー 使用している同じ特性に対応する基準シーン9のグループ毎に最良の変換を計算する段階。

【0260】

較正は、ケース1の各機器および構成について画像取込機器1のメーカーが優先的に実行することができる。この方法は正確であるが、課される制限が多く、光学系100が交換可能でない場合に非常に好適である。

【0261】

あるいは、較正は、ケース2の各機器タイプおよび構成について画像取込機器1のメーカーが実行することができる。この方法は、あまり正確ではないが、簡単である。

【0262】

あるいは、較正は、ケース3の各光学系100および各種類の機器について画像取込機器1のメーカーが実行することができる。この方法は、画像取込機器1と光学系100のそれぞれの組み合わせについて較正を繰り返すことなく1つの光学系100を1つの種類のすべての画像取込機器1で利用できる妥協策である。

【0263】

あるいは、較正は、ケース1の各画像取込機器1および構成について機器販売者または設置者が実行することができる。

【0264】

あるいは、較正は、ケース3の各光学系100および各種類の機器について機器販売者または設置者が実行することができる。

【0265】

あるいは、較正は、ケース1の各機器および構成について機器のユーザーが実行することができる。

【0266】

あるいは、較正は、ケース3の各光学系100および各種類の機器について機器のユーザーが実行することができる。

【0267】

デジタル光学系の設計

デジタル光学系の設計は、以下の方法で光学系100のコストを低減する方法として定義される。

【0268】

- ー 特に実際の点の位置決め、またはカタログからの位置決めの選択に欠陥のある光学系100を設計すること、
- ー レンズの枚数を減らすこと、および／または
- ー レンズの形状を簡略化すること、および／または
- ー 比較的安価な材料、加工作業、または製造工程を使用すること。

【0269】

前記方法は、以下の段階を含む。

【0270】

- ー 許容可能な差を選択する段階（上で定義した意味の範囲内で）、
 - ー 1つまたは複数の基準シーン9を選択する段階、
 - ー 使用する複数の特性74を選択する段階、
- 前記方法はさらに、以下の段階の繰り返しを含む。

【0271】

- ー 特にレンズの形状、材料、および配置を含む光学的な式を選択する段階、
- ー 使用する特性74および特に使用する構成の光学系100に対する式から、例えば、レイトレーシングまたはプロトタイプで測定を行うことにより光学系を計算するためのソ

フトウェアを使用してイメージ103を計算する段階、

ー 使用している同じ特性74に対応する基準シーン9のグループ毎に最良の変換を計算する段階、

ー 差が許容可能な範囲に入るまで差が許容可能かどうかを確認する段階。

【0272】

書式付き情報

イメージ103と関連する書式付き情報15、つまり書式付き情報15は、以下のデータの全部または一部として定義される。

【0273】

ー 画像取込機器1の固有の技術的特性、特に歪み特性に關係するデータ、および／または

ー 画像取込の瞬間の画像取込機器1の技術的特性、特に露光時間に關係するデータ、および／または

ー 前記ユーザーの好み、特に色温度に關係するデータ、および／または

ー 残留偏差14に關係するデータ。

【0274】

特性のデータベースについては、

特性のデータベース22は、1つまたは複数の画像取込機器1および1つまたは複数のイメージ103の書式付き情報15を格納するデータベースとして定義される。

【0275】

特性の前記データベース22は、中央制御型または分散型の方式で格納することができ、特に以下のようにできる。

【0276】

ー 画像取込機器1に組み込むこと、

ー 光学系100に組み込むこと、

ー 取り外し可能記憶デバイスに組み込むこと、

ー 画像取込の中に他の要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに組み込むこと、

ー 画像取込の後に他の要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに組み込むこと、

ー 画像取込機器1と共有している記憶媒体を読み込むことができるPCまたは他のコンピュータに組み込むこと、

ー それ自体他の画像取込要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに接続されているリモートサーバーに組み込むこと。

【0277】

フィールドについては、

図8を参照して、フィールド91の概念について定義する。イメージ103と関連する書式付き情報15は、複数の形式で記録し、1つまたは複数の表形式に構造化することができるが、論理的に、以下のものからなるフィールド91の全部または一部に対応する。

【0278】

(a) 焦点距離、

(b) 被写界深度、

(c) 幾何学的欠陥。

【0279】

前記幾何学的欠陥は、フィルミング特性74と関連するパラメータおよびフィルミングの時に画像取込機器1の特性を表すパラメータ化可能変換により特徴付けられるイメージ103の幾何学的欠陥を含む。前記パラメータおよび前記パラメータ化可能変換を使用すると、イメージ103の点の補正された位置を計算することができる。

【0280】

前記幾何学的欠陥はさらに、フィルミング特性74と関連するパラメータおよびフィルミ

ングの時に画像取込機器1の特性を表すパラメータ化可能変換により特徴付けられる口径食も含む。前記パラメータおよび前記パラメータ化可能変換を使用すると、イメージ103の点の補正された光度を計算することができる。

【0281】

前記幾何学的欠陥はさらに、フィルミング特性74と関連するパラメータおよびフィルミングの時に画像取込機器1の特性を表すパラメータ化可能変換により特徴付けられるカラーキャストも含む。前記パラメータおよび前記パラメータ化可能変換を使用すると、イメージ103の点の補正された色を計算することができる。

【0282】

前記フィールド90はさらに、イメージ103の鮮明さも含む(d)。

【0283】

前記鮮明さは、フィルミング特性74と関連するパラメータおよびフィルミングの時に画像取込機器1の特性を表すパラメータ化可能変換により特徴付けられるイメージ103の解像度のボケを含む。前記パラメータおよび前記パラメータ化可能変換を使用すると、イメージ103の点の補正された鮮明さを計算することができる。ボケは、特にコマ収差、球面収差、非点収差、ピクセル104へのグルーピング、色収差、被写界深度、回折、寄生反射、および像面湾曲に及ぶ。

【0284】

前記鮮明さはさらに、被写界深度のボケ、特に球面収差、コマ収差、および非点収差も含む。前記ボケは、画像取込機器1に対するシーン3の点の距離に依存し、またフィルミング特性74と関連するパラメータおよびフィルミングの時に画像取込機器1の特性を表すパラメータ化可能変換によって特徴づけられる。前記パラメータおよび前記パラメータ化可能変換を使用すると、イメージ103の点の補正された形状を計算することができる。

【0285】

前記フィールド91はさらに、量子化法のパラメータも含む(e)。前記パラメータは、センサ101の幾何学的形状および物理的特性、電子ユニット102のアーキテクチャ、および使用することができる処理用ソフトウェアによって決まる。

【0286】

前記パラメータは、前記シーン3から導かれる波長をおよび光束の関数としてピクセル104の光度の変動を表す関数を含む。前記関数は、特にガンマ情報を含む。

【0287】

前記パラメータはさらに以下を含む。

【0288】

- 前記センサ101の幾何学的形状、特に前記センサ101の受感素子の形状、相対的位置、および個数、
- 画像取込機器1の雑音の空間的および時間的分布を表す関数、
- 画像取込の露光時間を表す値。

【0289】

前記フィールド90は、さらに、画像取込機器1によって実行されるデジタル処理演算、特にデジタルズームおよび圧縮のパラメータを含む(f)。これらのパラメータは、画像取込機器1の処理用ソフトウェアおよびユーザーの調整によって異なる。

【0290】

前記フィールド90はさらに以下を含む。

【0291】

(g) ユーザーの好みを、特にボケの程度およびイメージ103の解像度に関して表すパラメータ。

【0292】

(h) 残留偏差14。

【0293】

書式付き情報の計算については、

書式付き情報15は、複数段階において計算しデータベース22に記録することができる。

【0294】

a) 画像取込機器1の設計の終了時の段階。

【0295】

この段階を使うと、画像取込機器1の固有の技術的特性が得られ、特に、

- 電子ユニット102で発生する雑音の空間的および時間的分布、
- 光束からピクセル値への変換の式。

【0296】

— センサ101の幾何学的形状。

【0297】

b) デジタル光学系の校正または設計の終了時の段階。

【0298】

この段階を使うと、画像取込機器1の他の固有の技術的特性が得られ、特に、使用する特性の個数について、関連性が最も高い変換および関連する残留偏差14について得られる。

【0299】

c) プッシュボタン、メニュー、取り外し可能媒体、あるいは他のデバイスへの接続を使用して、ユーザーの好みを選択する段階。

【0300】

d) 画像取込段階。

【0301】

この段階を使用することで、画像取込の時に画像取込機器1の技術的特性、および特に、手動または自動調整を行うことにより決定される露光時間を得ることが可能である(d)。

【0302】

段階(d)を使用すると、焦点距離を得ることも可能である。焦点距離は以下から計算される。

【0303】

- 使用する構成の光学系100の可変焦点距離のレンズのグループの位置の測定、
- 位置決めモーターに入力する設定値、または
- 焦点距離が固定の場合にはメーカーの値。

【0304】

その後、前記焦点距離は、イメージ103の内容を解析することにより決定することができる。

【0305】

段階(d)を使用することで、被写界深度を得ることも可能である。被写界深度は以下から計算される。

【0306】

- 使用する構成の光学系100の集束レンズのグループの位置の測定、
- 位置決めモーターに入力する設定値、または
- 被写界深度が固定の場合にメーカーの値。

【0307】

段階(d)を使用することで、幾何学的形状および鮮明さの欠陥を得ることも可能である。幾何学的形状および鮮明さの欠陥は、段階(b)の終わりに得られる特性のデータベース22の変換を組み合わせることにより計算で求められた変換に対応する。この組み合わせは、使用する特性74に対応するパラメータの値、特に焦点距離を表すように選択する。

【0308】

段階(d)を使用することで、画像取込機器1によって実行されるデジタル処理のパラメ

ータを得ることも可能である。これらのパラメータは、手動または自動調整を行うことで決定される。

【0309】

段階（a）～（d）による書式付き情報15の計算は、以下により実行できる。

【0310】

- ー 画像取込機器1に組み込まれているデバイスまたはソフトウェア、および／または
- ー PCまたは他のコンピュータ内のドライバソフトウェア、および／または
- ー PCまたは他のコンピュータ内のソフトウェア、および／または
- ー これら3つの組み合わせ。

【0311】

段階（b）および段階（d）の前記の変換結果は、以下の形式で格納することができる。

【0312】

- ー 一般的な数理的式、
- ー 各点に対する数理的式、
- ー いくつかの特性点に対する数理的式。

【0313】

数理的式は、以下によって記述することができる。

【0314】

- ー 係数のリスト、
- ー 係数および座標のリスト。

【0315】

これらの異なる方法を使用することにより、式の格納に使用できるメモリの容量と補正されたイメージ71の計算に使用できる計算能力とのバランスを取ることが可能である。

【0316】

さらに、データを取り出すために、データに関連する識別子がデータベース22に記録される。これらの識別子としては特に、以下のものがある。

【0317】

- ー 画像取込機器1の種類および基準の識別子、
- ー 取り外し可能であれば光学系100の種類および基準の識別子、
- ー 格納されている情報へのリンクを含む他の取り外し可能要素の種類および基準の識別子、
- ー イメージ103の識別子、
- ー 書式付き情報15の識別子、

完成したイメージ

図11で説明されているように、完成したイメージ120は書式付き情報15に関連付けられたイメージ103として定義される。この完成したイメージ120は、優先的に、ファイルの形をとることができる。完成したイメージ120はさらに、複数のファイルに分散させることもできる。

【0318】

完成したイメージ120は、画像取込機器1によって計算することができる。これはさらに、コンピュータなどの外部計算デバイスによって計算することもできる。

【0319】

イメージ処理用ソフトウェア

イメージ処理用ソフトウェア4は、1つまたは複数の完成したイメージ120を入力として受け付け、それらのイメージに対し処理演算を実行するソフトウェアとして定義される。これらの処理演算には特に、以下のものがある。

【0320】

- ー 補正されたイメージ71を計算すること、
- ー 現実世界で測定を実行すること、
- ー 複数のイメージを組み合わせること、

- ー 現実世界に関してイメージの忠実度を改善すること、
- ー イメージの主観的画質を改善すること、
- ー シーン3内の物体または人物107を検出すること、
- ー シーン3に物体または人物107を追加すること、
- ー シーン3内の物体または人物107を置換または修正すること、
- ー シーン3から陰影を除去すること、
- ー シーン3に陰影を追加すること、
- ー イメージベースで対象を検索すること。

【0321】

前記イメージ処理用ソフトウェアは、

- ー 画像取込機器1に組み込み、
- ー 送信手段18により画像取込機器1に接続されている計算手段17で実行することができる。

【0322】

デジタル光学系については、

デジタル光学系は、画像取込機器1、特性のデータベース22、および以下のことを行うための計算手段17の組み合わせとして定義される。

【0323】

- ー イメージ103の画像取込、
- ー 完成したイメージの計算、
- ー 補正されたイメージ71の計算。

【0324】

ユーザーが直接、補正されたイメージ71を取得するのが好ましい。ユーザーは、もしそうしたければ、自動補正の抑制を要求することができる。

特性のデータベース22は、

- ー 画像取込機器1に組み込み、
- ー 画像取込中に他の要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに組み込み、
- ー 画像取込の後に他の要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに組み込み、
- ー 画像取込機器1と共有している記憶媒体を読み込むことができるPCまたは他のコンピュータに組み込み、
- ー それ自体他の画像取込要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに接続されているリモートサーバーに組み込むことができる。

【0325】

計算手段17は、

- ー センサ101とともにコンポーネントに組み込み、
- ー 電子ユニット102の一部とともにコンポーネントに組み込み、
- ー 画像取込機器1に組み込み、
- ー 画像取込中に他の要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに組み込み、
- ー 画像取込の後に他の要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに組み込み、
- ー 画像取込機器1と共有している記憶媒体を読み込むことができるPCまたは他のコンピュータに組み込み、
- ー それ自体他の画像取込要素に接続されているPCまたは他のコンピュータに接続されているリモートサーバーに組み込むことができる。

【0326】

完全な連鎖の処理

前段では、本質的に、イメージ処理用ソフトウェア4に対し画像取込機器1の特性に係る書式付き情報15を供給する本発明による概念の詳細および方法およびシステムの説明を提示した。

【0327】

後段では、これらの概念の定義を展開し、イメージ処理用ソフトウェア4に対しイメージ

復元手段19の特性に係る書式付き情報15を供給する本発明による方法およびシステムについて補足説明する。こうして、完全な連鎖の処理を説明する。

【0328】

完全な連鎖の処理を使用することで、

- ー 連鎖の一端から他端へのイメージ103の品質を改善し、画像取込機器1およびイメージ復元手段19の欠陥を補正しながら復元されたイメージ191を取得し、および／または
- ー イメージの画質の改善を行うソフトウェアと組み合わせてビデオプロジェクタで低品質および低コストの光学系を使用することが可能である。

【0329】

イメージ復元手段と関連する定義

図2および6を基に、プリンタ、表示画面、またはプロジェクタなどのイメージ復元手段19の特性が書式付き情報15でどのように考慮されているかを説明する。

【0330】

イメージ復元手段19の場合に定義に加える補足または修正は、当業者であれば、画像取込機器1の場合に示した定義の類推により推論することができる。しかしながら、この方法を説明するために、特に図6を参照して主要な補足または修正について説明する。

【0331】

使用する復元特性95により、イメージ復元手段19の固有の特性、イメージ復元時のイメージ復元手段19の特性、およびイメージ復元時のユーザーの好み指定される。特にプロジェクタの場合、使用する復元特性95は使用するスクリーンの形状と位置を含む。使用する復元特性95の概念は、可変特性の概念の拡張である。

【0332】

パラメータ化可能復元変換モデル97（または略してパラメータ化可能復元変換97）では、パラメータ化可能変換モデル12に類似した数理的変換が指定される。

【0333】

補正された復元イメージ94で、パラメータ化可能復元変換97をイメージ103に適用して得られるイメージを指定する。

【0334】

数理的復元投影96により、補正された復元イメージ94に復元媒体190の表面に幾何学的に関連付けられている数理的復元表面上の数理的復元イメージ92に関連付ける数理的投影が指定される。数理的復元表面の数理的復元点は、補正された復元イメージ94から計算で求められた形状、位置、色、および光度を持つ。

【0335】

実際の復元投影90により、復元されたイメージ191をイメージ103に関連付ける投影が指定される。イメージ103のピクセル値は、復元手段19の電子ユニットにより復元手段19の変調装置を駆動する信号に変換される。実際の復元点は、復元媒体190上に得られる。前記実際の復元点は、形状、色、光度、および位置により特徴付けられる。画像取込機器1の場合に上で説明したピクセル104へのグルーピングの現象は、イメージ復元手段の場合には発生しない。他方、特に線が階段状になるという結果とともに逆現象が発生する。

【0336】

復元の差93は、復元されたイメージ191と数理的復元イメージ92との差として指定される。この復元の差93は、差73の類推で求められる。

【0337】

復元基準により、ピクセル104の値が知られているイメージ103が指定される。

【0338】

最良の復元変換により、復元基準209および使用する復元特性95については、イメージ103を補正された復元イメージ94に変換し、数理的復元復元投影92が復元されたイメージ191と比較して最小の復元差93を示すようにできるものが指定される。

【0339】

復元校正およびデジタル復元光学系の設計の方法は、画像取込機器1の場合にデジタル光学系の校正および設計の方法と比較できる。しかしながら、いくつかの段階および特に以下段階には違いが存在する。

【0340】

- ー 復元基準を選択する段階、
- ー 前記復元基準の復元を実行する段階、
- ー 最良の復元変換を計算する段階。

【0341】

画像取込機器1に関係する、またイメージ復元手段19に関係する、書式付き情報15を同じイメージについて終端間で使用することができる。

【0342】

前段では、画像取込機器1の場合にフィールドの概念について説明した。この概念は、類推によりイメージ復元手段19の場合にも適用できる。しかしながら、量子化法のパラメータは、信号再構成法のパラメータ、つまりイメージ復元手段19の雑音の空間的および時間的分布を表す関数である、復元媒体190の幾何形状およびその位置で置き換えられる。

【0343】

概念の一般化については、

本発明のもとになった、請求項に明記されている技術的特徴は、デジタル型の画像取込機器、つまりデジタルイメージを出力する機器を本質的に参照することにより定義され、説明され、図解されている。同じ技術的特徴は、現像された感光フィルムからデジタルイメージを生成するスキャナを使用する銀技術（ハロゲン化銀感光フィルム、ネガティブまたはリバーサルフィルムを使用する写真または映写機器）に基づく機器の組み合わせである画像取込機器の場合に適用可能であることは容易に理解できるであろう。確かに、この場合、使用している定義の少なくとも一部を適合させることは適切である。このような適合は、当業者の能力の範囲内にあるものである。このような適合の明白な性格を明らかにするために、図3を参照して説明されているピクセルおよびピクセル値の概念を、スキャナを使用する銀技術に基づく機器を組み合わせた場合に、スキャナを使ってこれをデジタイズした後、フィルムの表面のエレメントゾーンに適用するだけでよい。定義のこのような転用は、自明なことであり、使用する構成の概念に拡大適用することができる。例えば、使用する構成に含まれる画像取込機器1の取り外し可能サブアセンブリのリストは、銀技術に基づく機器で効果的に使用される種類の写真用フィルムで補うことができる。

【0344】

システムの実装

図25は、前記の発明を採用できるシステムの実施例を示している。このシステムは、可変特性を持つ機器APP1および／または機器連鎖P3から得られるイメージIに関係する第1の計算手段MC1を備える。前述のように、これらの計算手段は機器の特性、イメージに依存する可変特性、および関連する値（焦点距離、焦点合わせ、速度、口径など）から測定書式付き情報IFMを計算する。第2の計算手段MC2は、拡張書式付き情報がメモリにコンパクトに収まるように、また場合にもよるが、測定書式付き情報に関する点以外の点での歪み欠陥に関する情報を推定することが可能なように、測定書式付き情報および可変特性とその関連する値から拡張書式付き情報を計算する。測定書式付き情報IFMおよび拡張書式付き情報IFEは、選択手段MS1に供給され、書式付き情報IFを出力する。

【0345】

本発明のコスト削減への応用については、

コスト削減は、機器または機器連鎖P3のコスト、特に機器または機器連鎖の光学系のコストを引き下げるための方法およびシステムとして定義され、コスト削減は以下の方法で実施する。

【0346】

- ー レンズの枚数を減らすこと、および／または
- ー レンズの形状を簡略化すること、および／または
- ー 機器または機器連鎖に望ましい欠陥よりも大きい欠陥P5を持つ光学系を設計するか、またはカタログからそれと同じものを選択すること、および／または
- ー 機器または機器連鎖について低コストであり、欠陥P5を加える、材料、コンポーネント、加工作業、または製造方法を使用すること。

【0347】

本発明による方法およびシステムを使用することにより、機器または機器連鎖のコストを引き下げることができる、つまり、デジタル光学系を設計し、機器または機器連鎖の欠陥に関する書式付き情報IFを出力し、この書式付き情報を使用して組み込みであろうと組み込みでなかろうとイメージ処理手段が機器または機器連鎖から引き出される、または機器または機器連鎖を宛先として送られるイメージの品質を修正し、機器または機器連鎖とイメージ処理手段とを組み合わせることにより、低コストで、目的の品質のイメージを取込、修正、または復元することが可能なようにできる。

【図面の簡単な説明】

【0348】

- 【図1】画像取込の概略図である。
- 【図2】イメージ復元の概略図である。
- 【図3】イメージのピクセルの概略図である。
- 【図4a】基準シーンの概略図である。
- 【図4b】基準シーンの概略図である。
- 【図5】数理的イメージと補正されたイメージとの差を計算するための方法を示す組織図である。
- 【図6】イメージ復元手段の最良の復元変換を得るための方法を示す組織図である。
- 【図7】本発明によるシステムを含む要素の概略図である。
- 【図8】書式付き情報のフィールドの概略図である。
- 【図9a】数理的な点の概略正面図である。
- 【図9b】イメージの実際の点の概略正面図である。
- 【図9c】数理的な点の概略側面図である。
- 【図9d】イメージの実際の点の概略縦断面図である。
- 【図10】特性点の配列の概略図である。
- 【図11】書式付き情報を得るための方法を示す組織図である。
- 【図12】画像取込機器の最良の変換を得るための方法を示す組織図である。
- 【図13a】双射を使用した測定フィールドの出力を説明するための図である。
- 【図13b】双射を使用した測定フィールドの出力を説明するための図である。
- 【図14a】双射および数学投影を使用した測定フィールドの出力を説明するための図である。
- 【図14b】双射および数学投影を使用した測定フィールドの出力を説明するための図である。
- 【図15a】測定フィールドを多項式の形式で出力する方法を示す図である。
- 【図15b】測定フィールドを多項式の形式で出力する方法を示す図である。
- 【図16a】測定フィールドを計算する方法の別バージョンの図である。
- 【図16b】測定フィールドを計算する方法の別バージョンの図である。
- 【図17】知られている書式付き情報から点の書式付き情報を補間する方法を示す図である。
- 【図18】知られている書式付き情報から点の書式付き情報を補間する方法を示す図である。
- 【図19a】測定フィールドの計算の点の個数を最小限に抑えられる方法の別バージョンの図である。

【図19b】測定フィールドの計算の点の個数を最小限に抑えられる方法の別バージョンの図である。

【図19c】測定フィールドの計算の点の個数を最小限に抑えられる方法の別バージョンの図である。

【図20a】カラーイメージに関する書式付き情報を計算するための方法を示す図である。

【図20b】カラーイメージに関する書式付き情報を計算するための方法を示す図である。

【図20c】カラーイメージに関する書式付き情報を計算するための方法を示す図である。

【図20d】カラーイメージに関する書式付き情報を計算するための方法を示す図である。

【図21】投影により変形されたイメージの補正に関する方法の図である。

【図22】幾何学的歪みの補正の場合に計算の点の個数を最小限に抑えられる方法の別バージョンの図である。

【図23a】補正されたイメージの未処理ゾーンを排除する方法を示す図である。

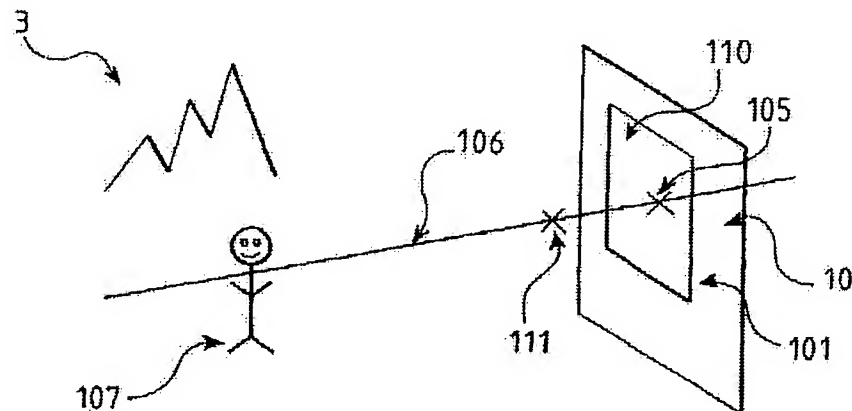
【図23b】補正されたイメージの未処理ゾーンを排除する方法を示す図である。

【図23c】補正されたイメージの未処理ゾーンを排除する方法を示す図である。

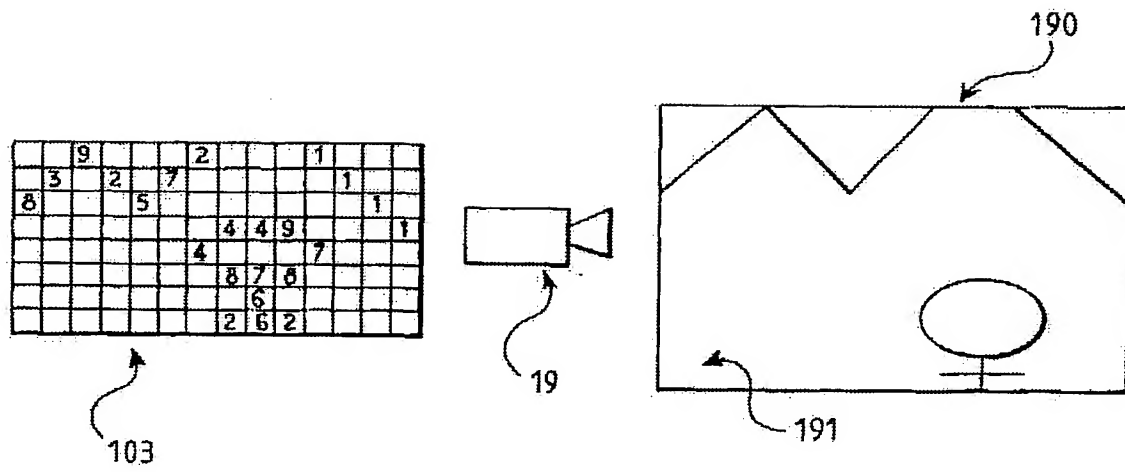
【図24】機器連鎖P3の機器APP1の幾何学的歪みに関係する書式付き情報の図である。

【図25】本発明によるシステムの実用的な実施形態を示す図である。

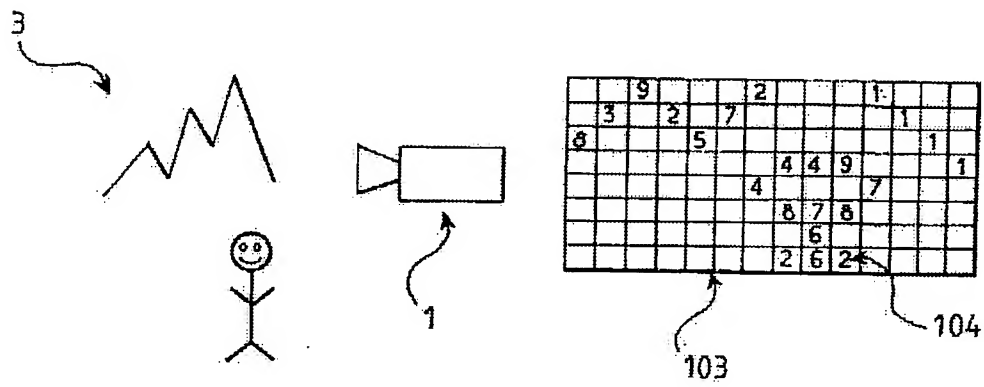
【図1】



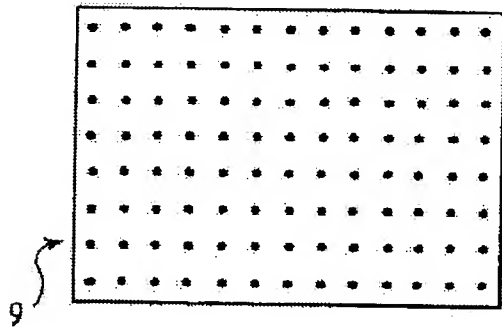
【図2】



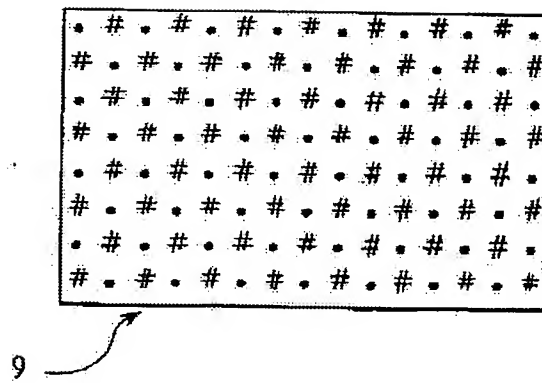
【図3】



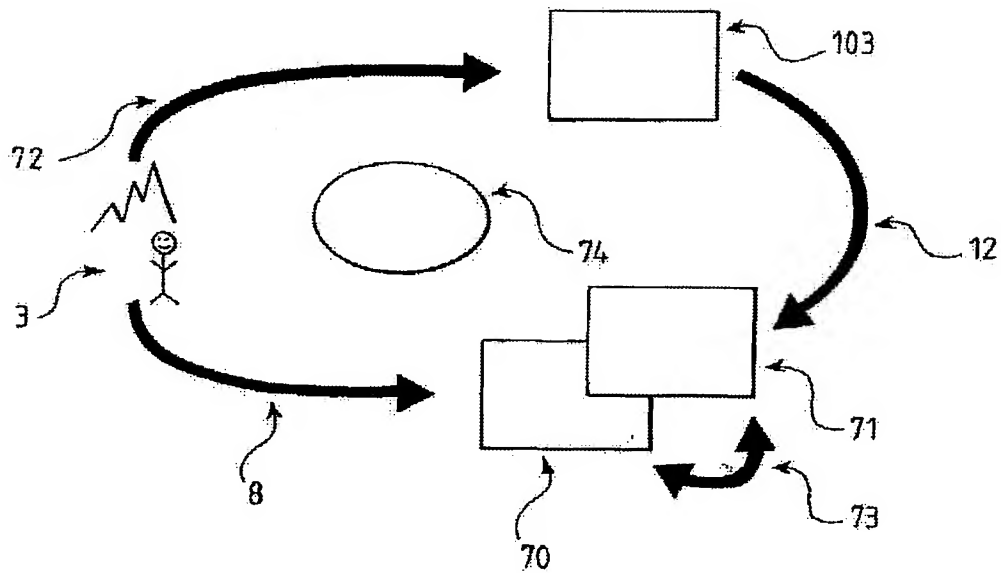
【図4a】



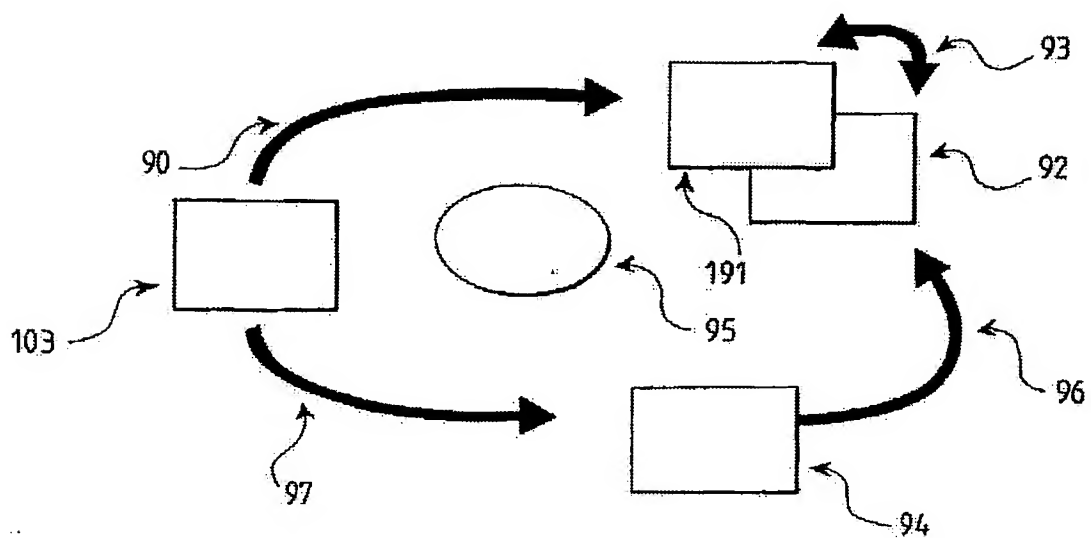
【図4b】



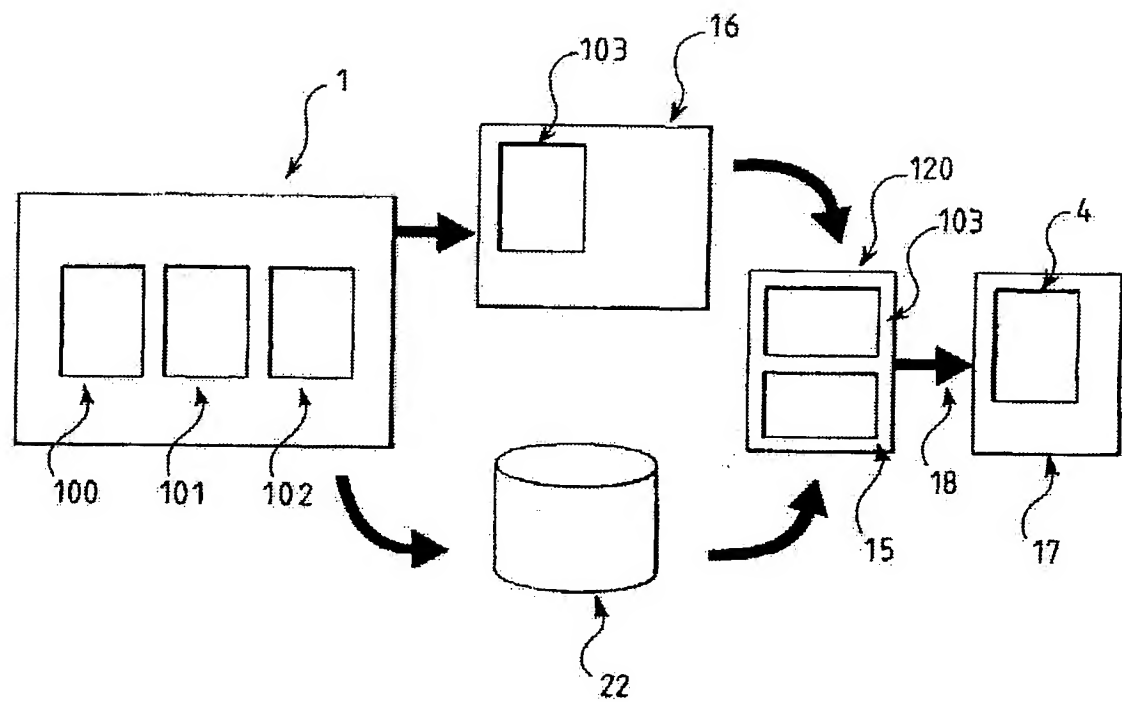
【図5】



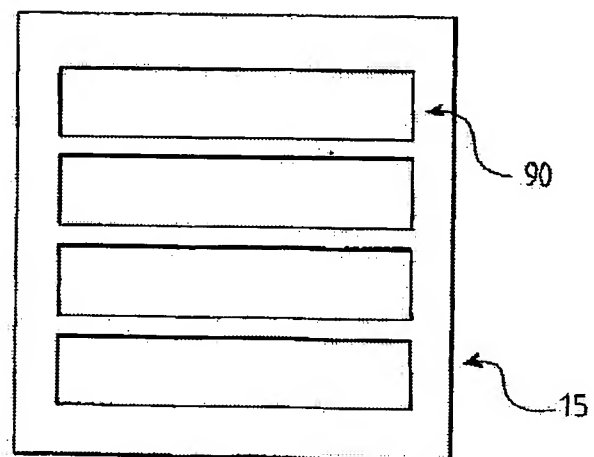
【図6】



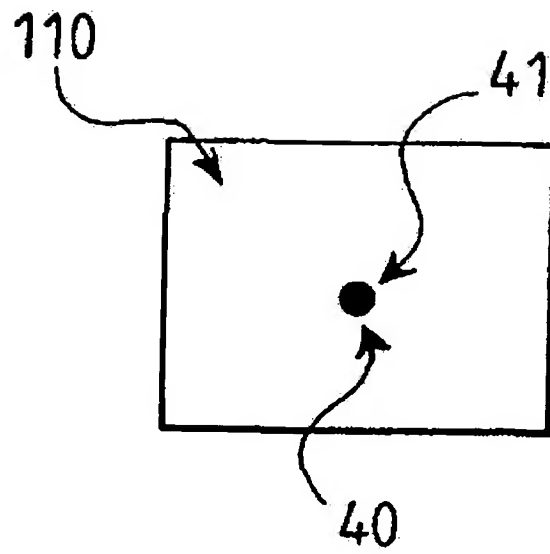
【図7】



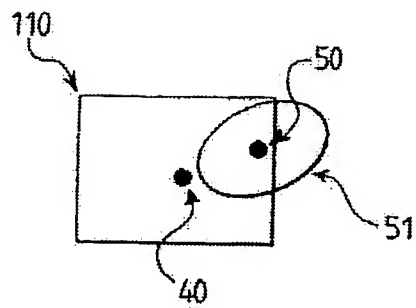
【図8】



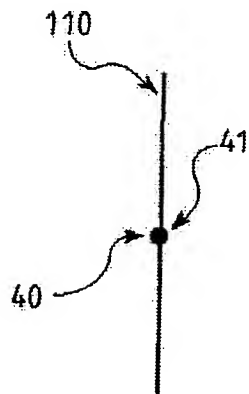
【図9a】



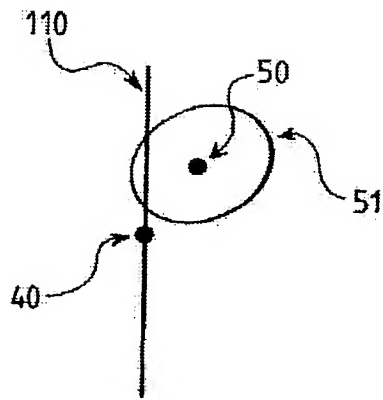
【図9b】



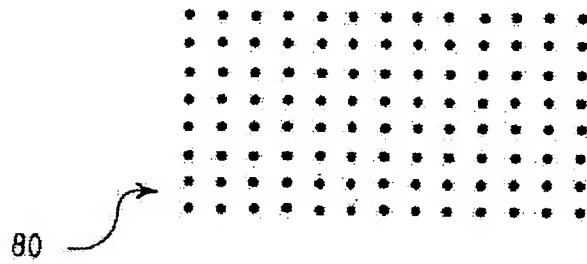
【図9c】



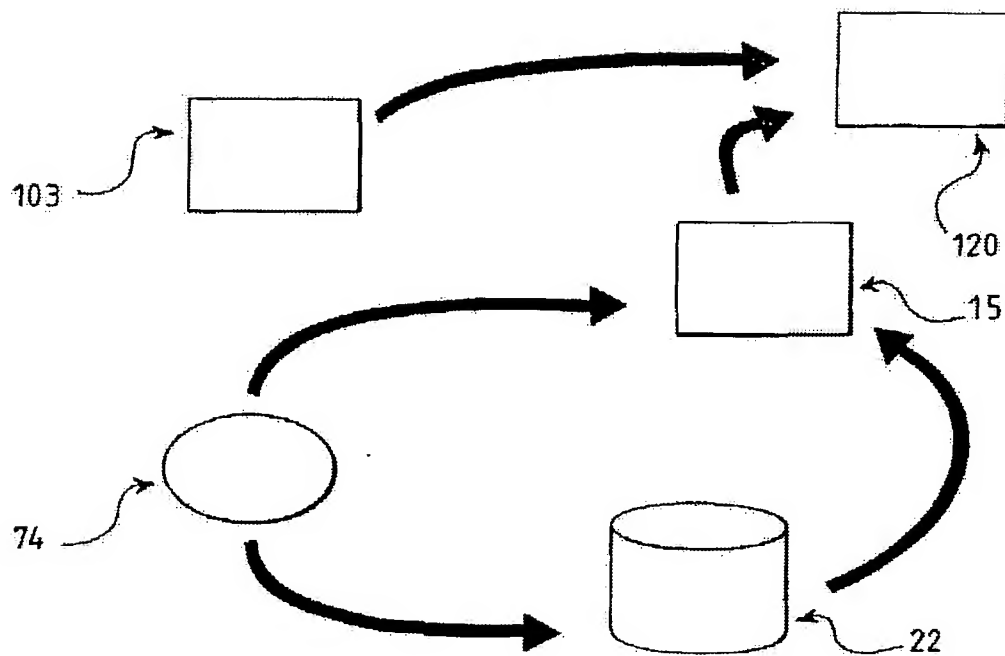
【図9d】



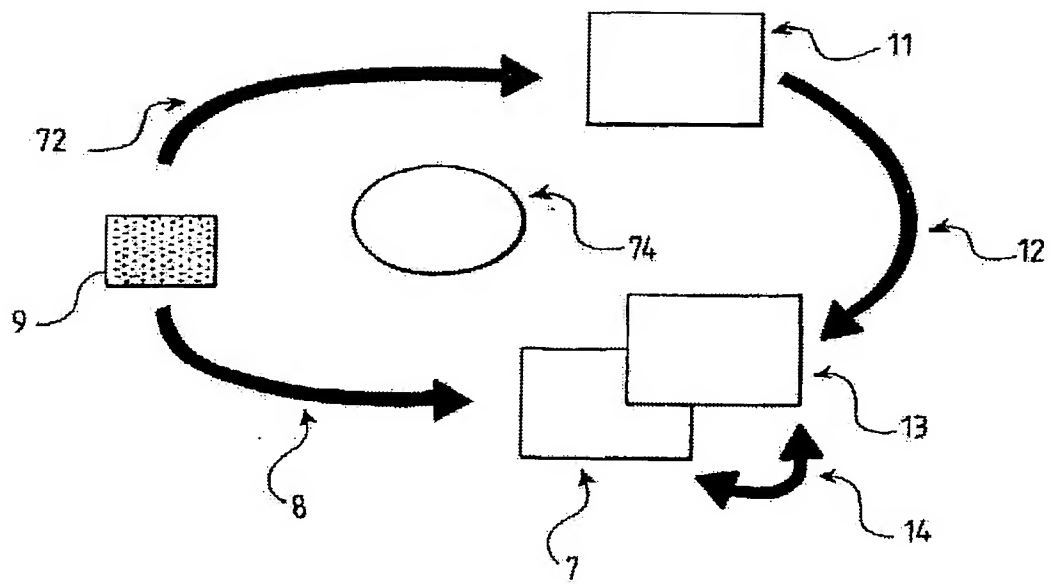
【図10】



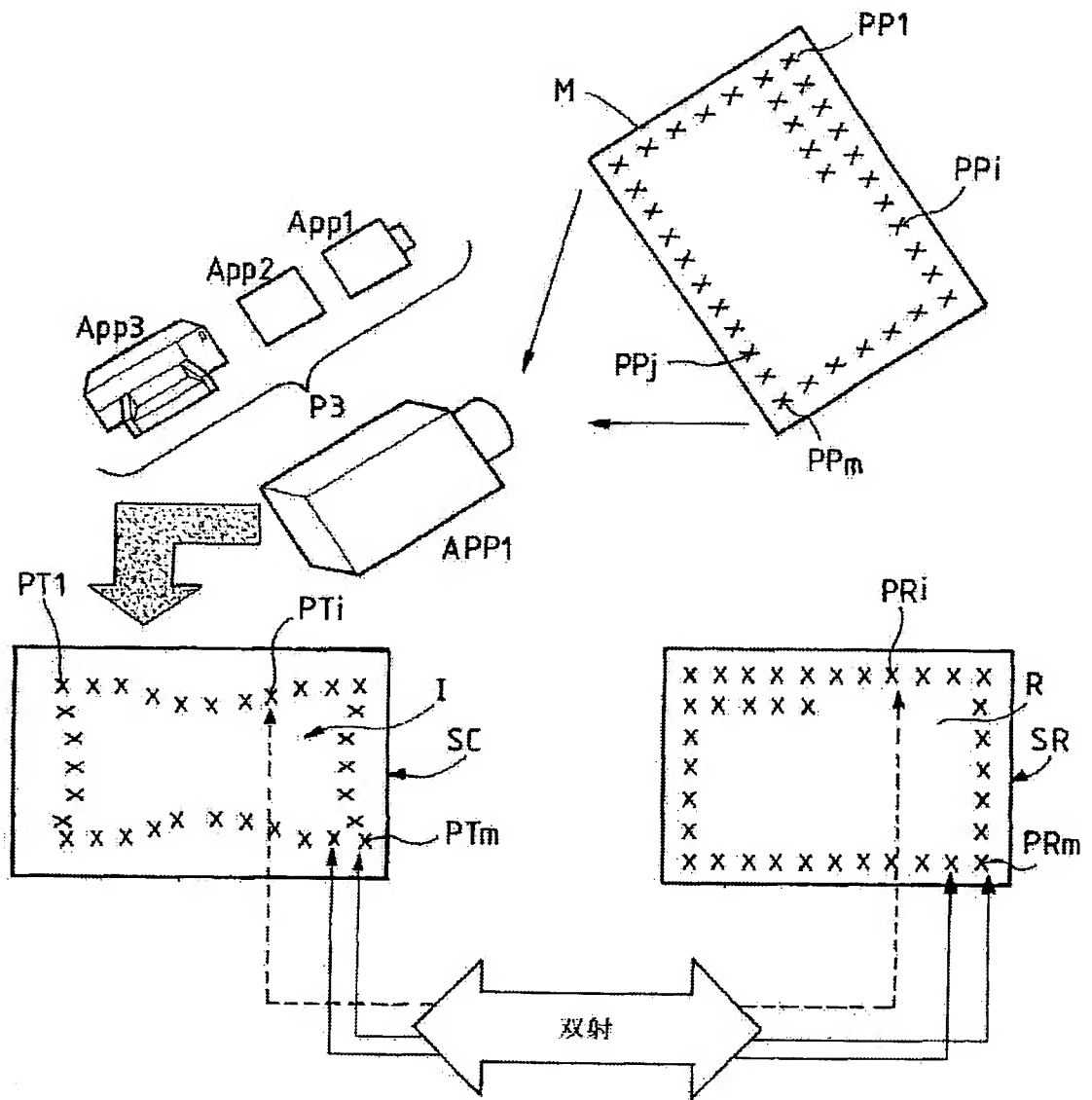
【図11】



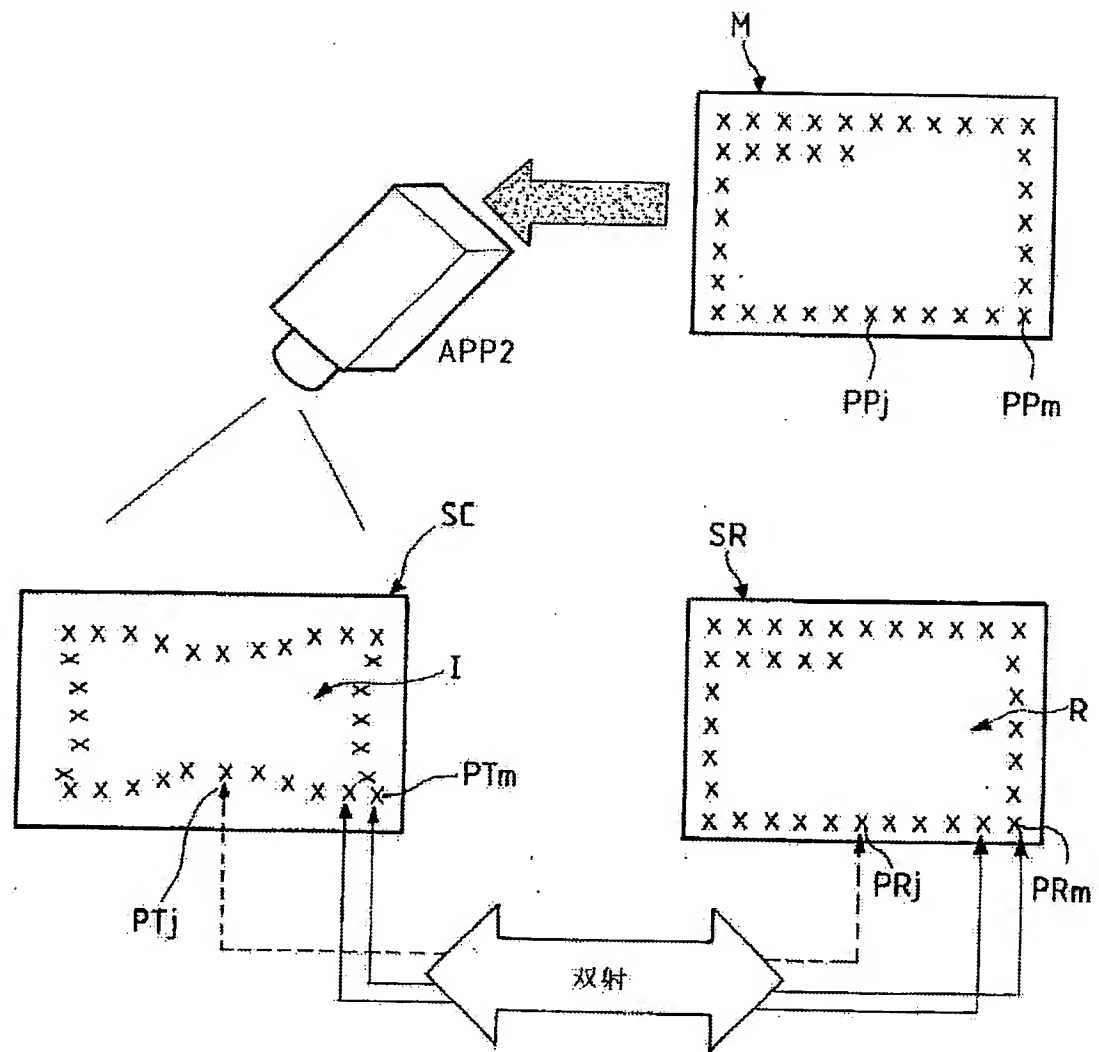
【図12】



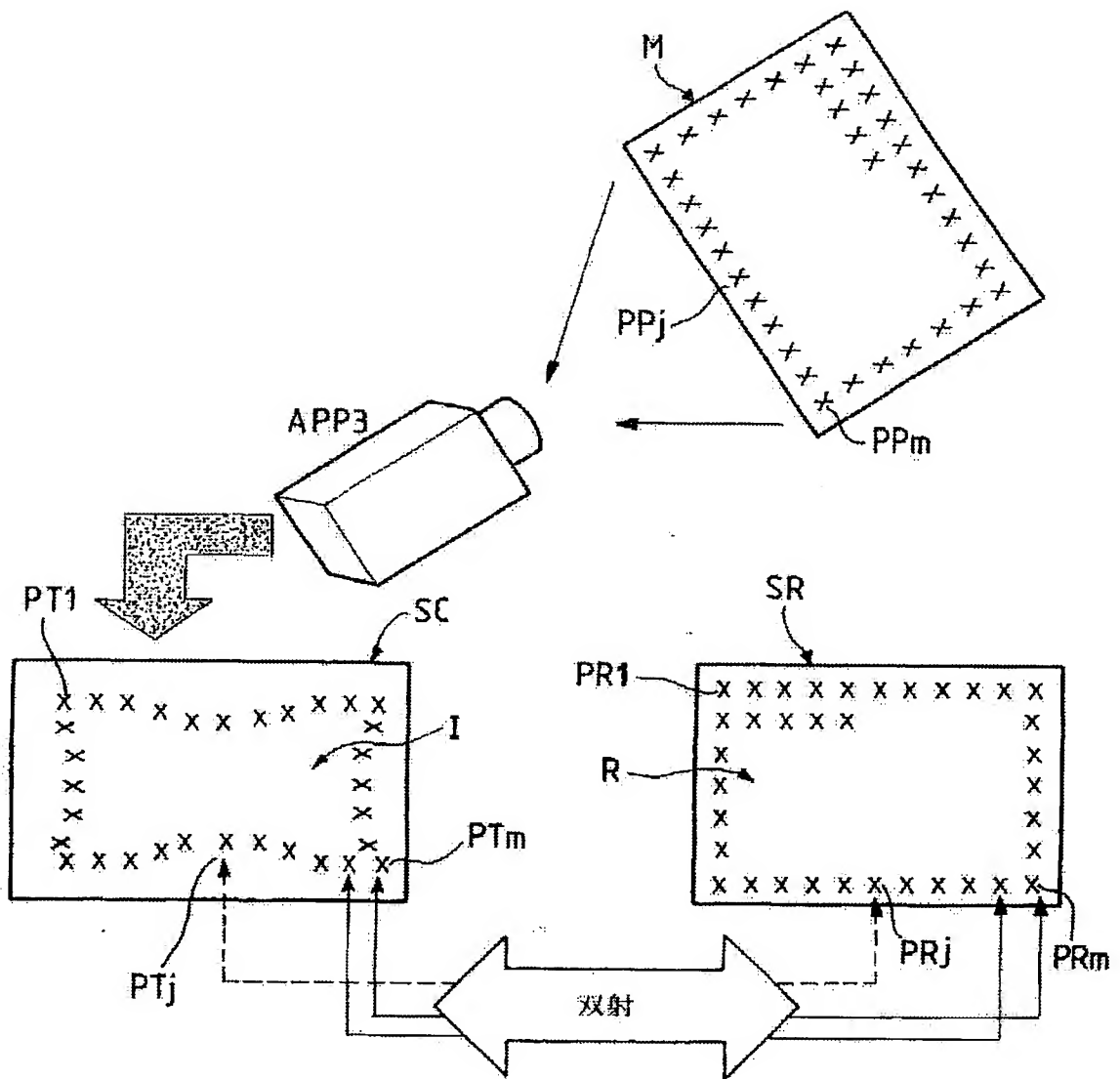
【図13a】



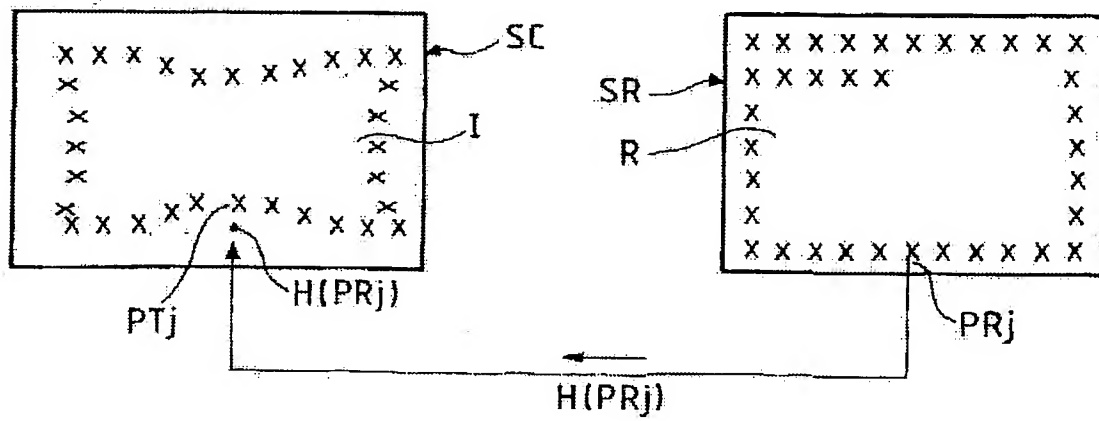
【図13b】



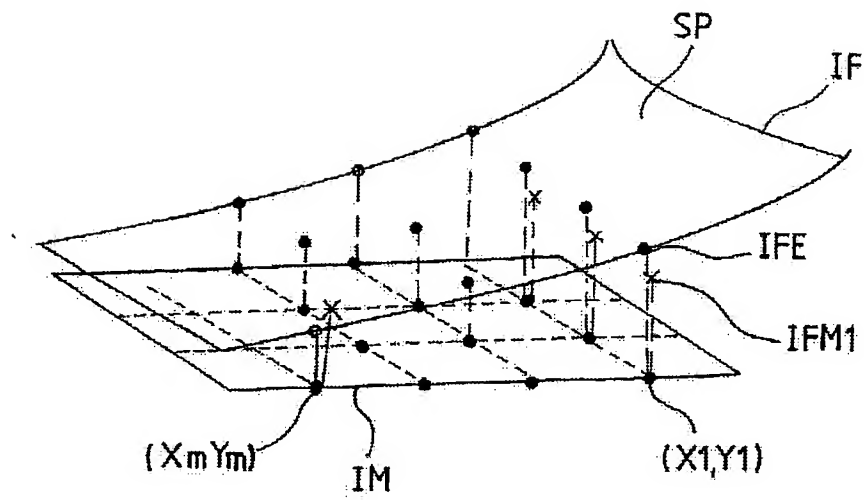
【図14a】



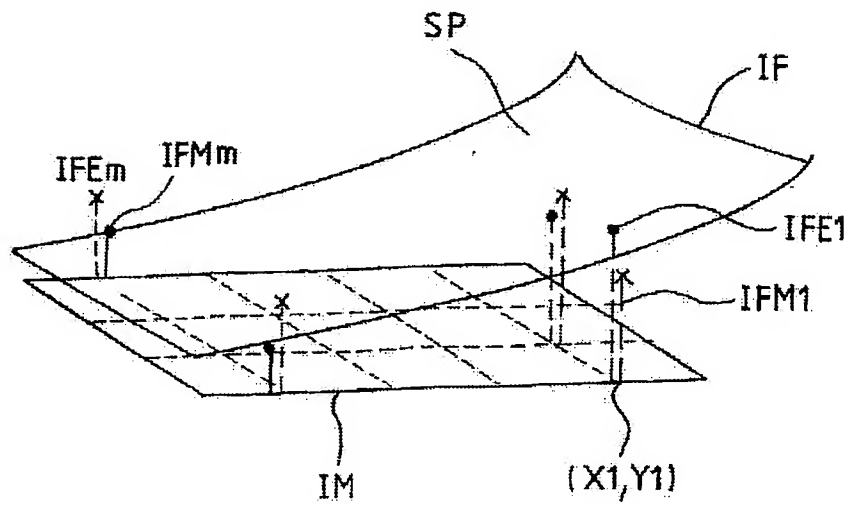
【図14b】



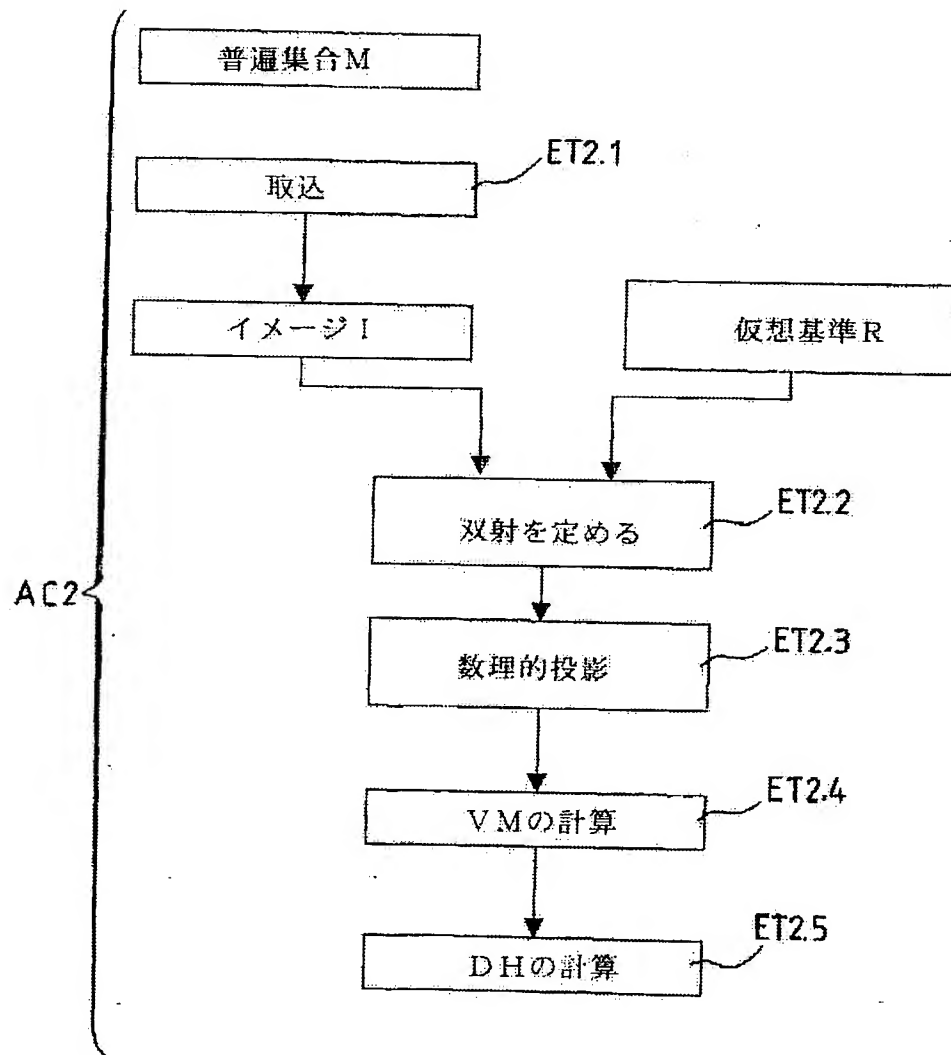
【図15a】



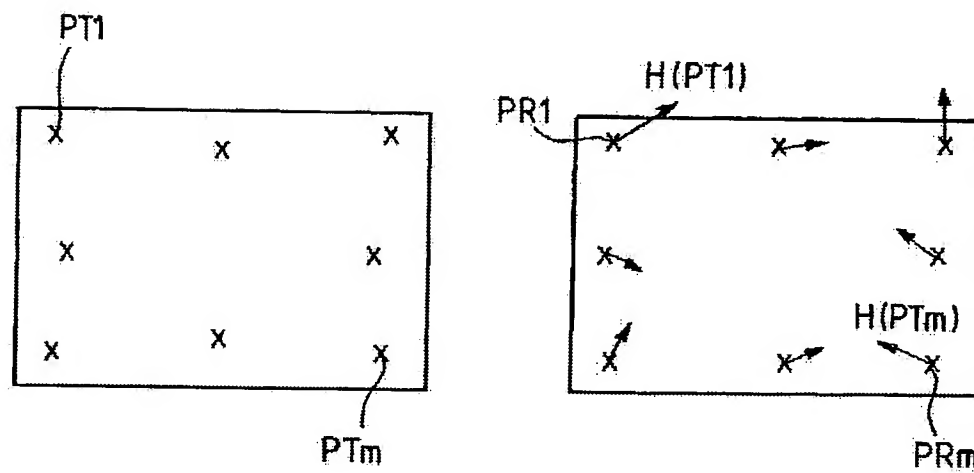
【図15b】



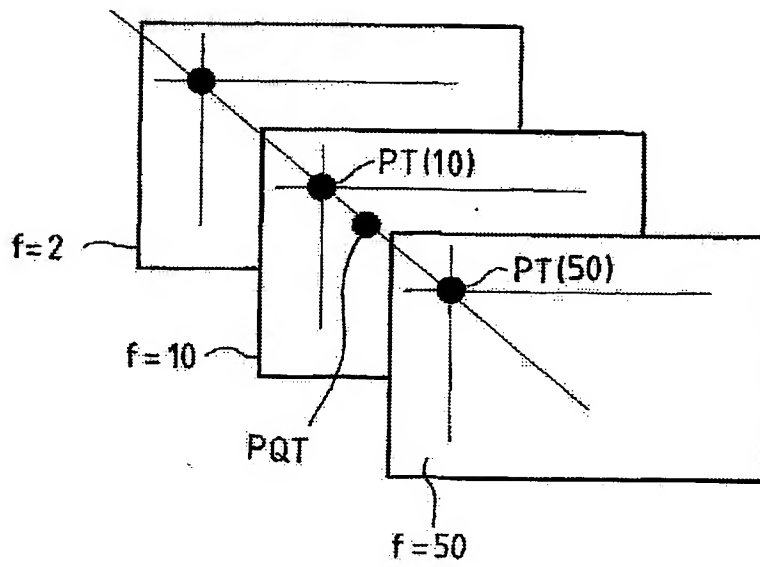
【図16a】



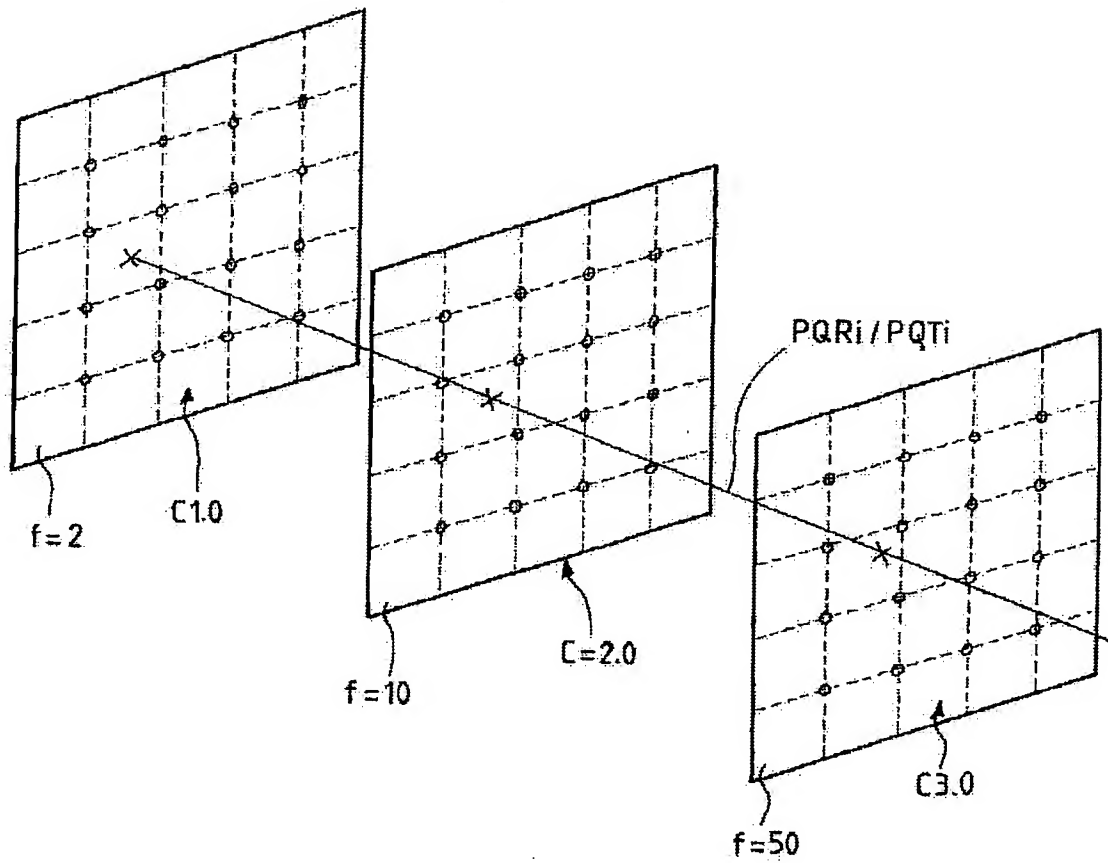
【図16b】



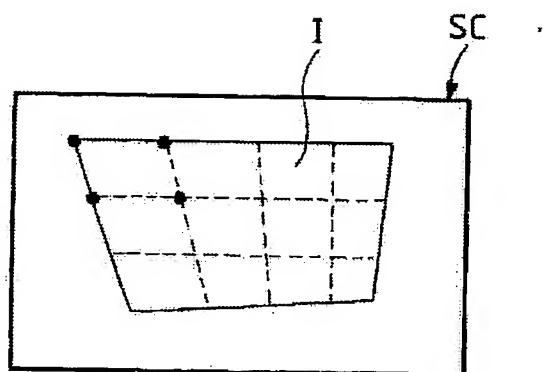
【図17】



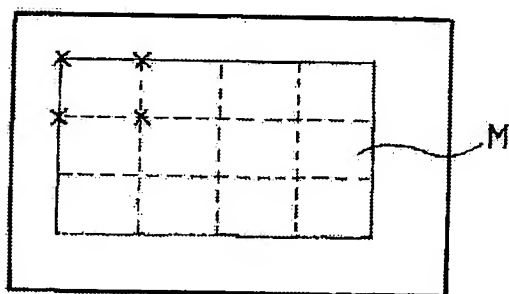
【図18】



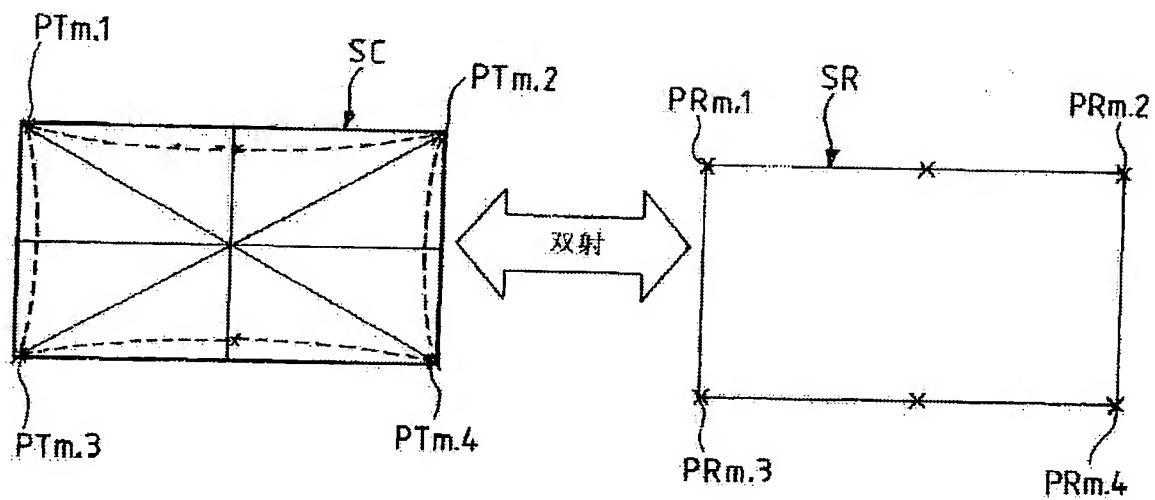
【図19a】



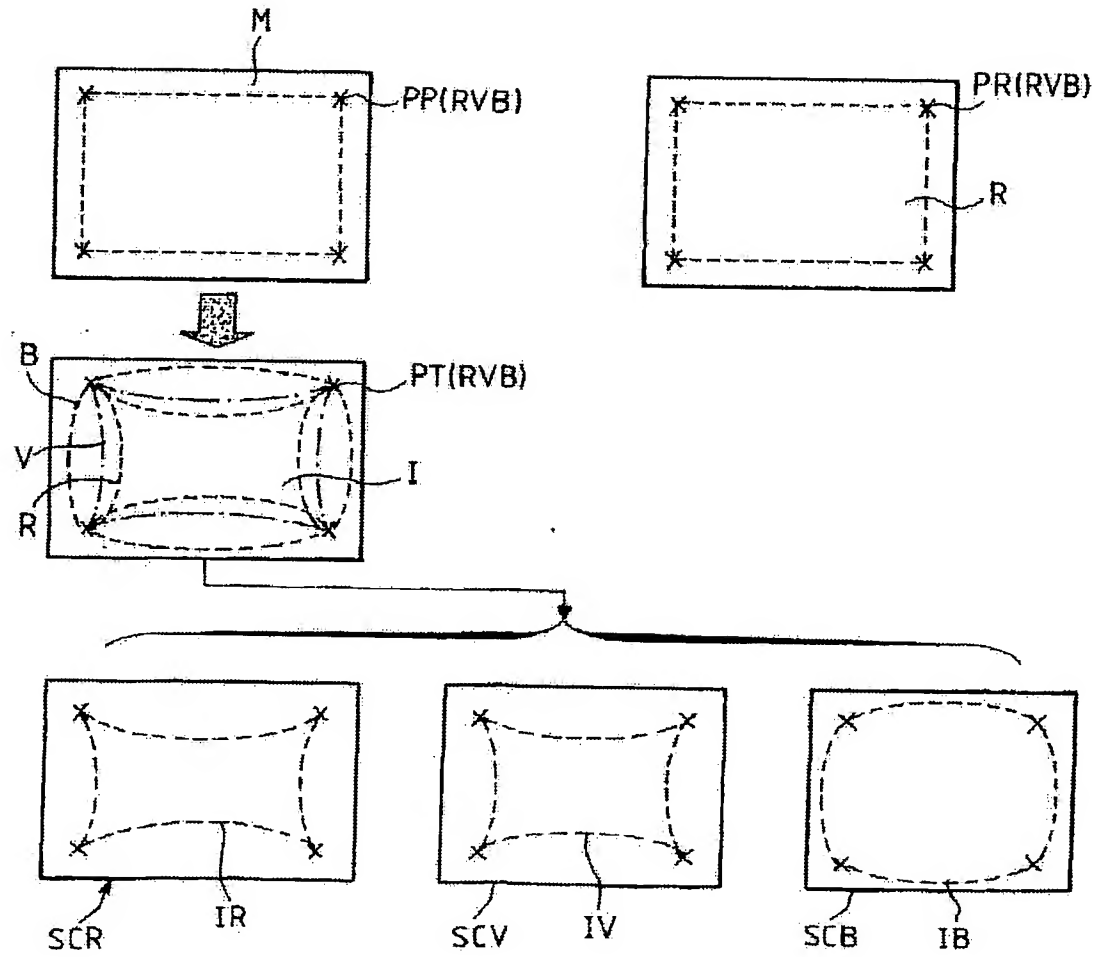
【図19b】



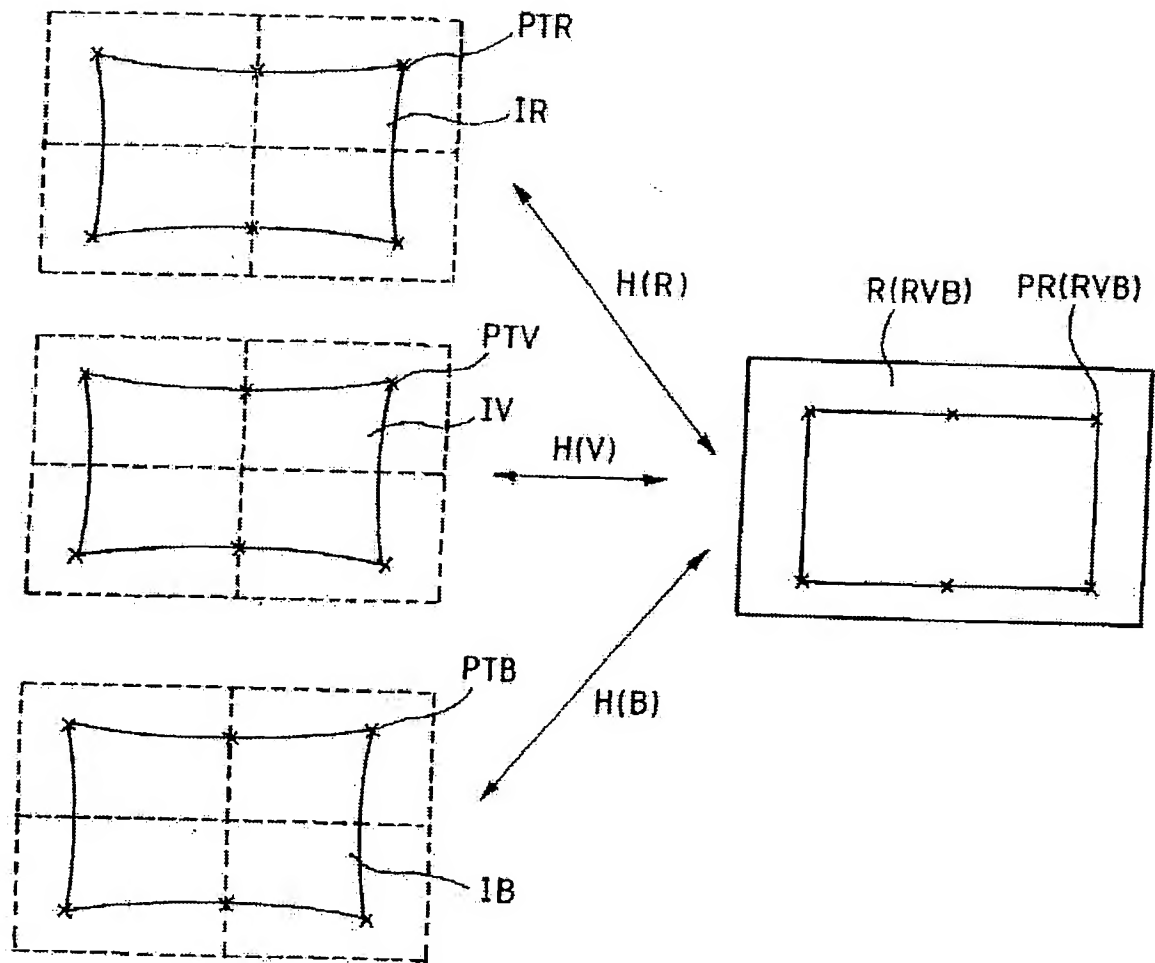
【図19c】



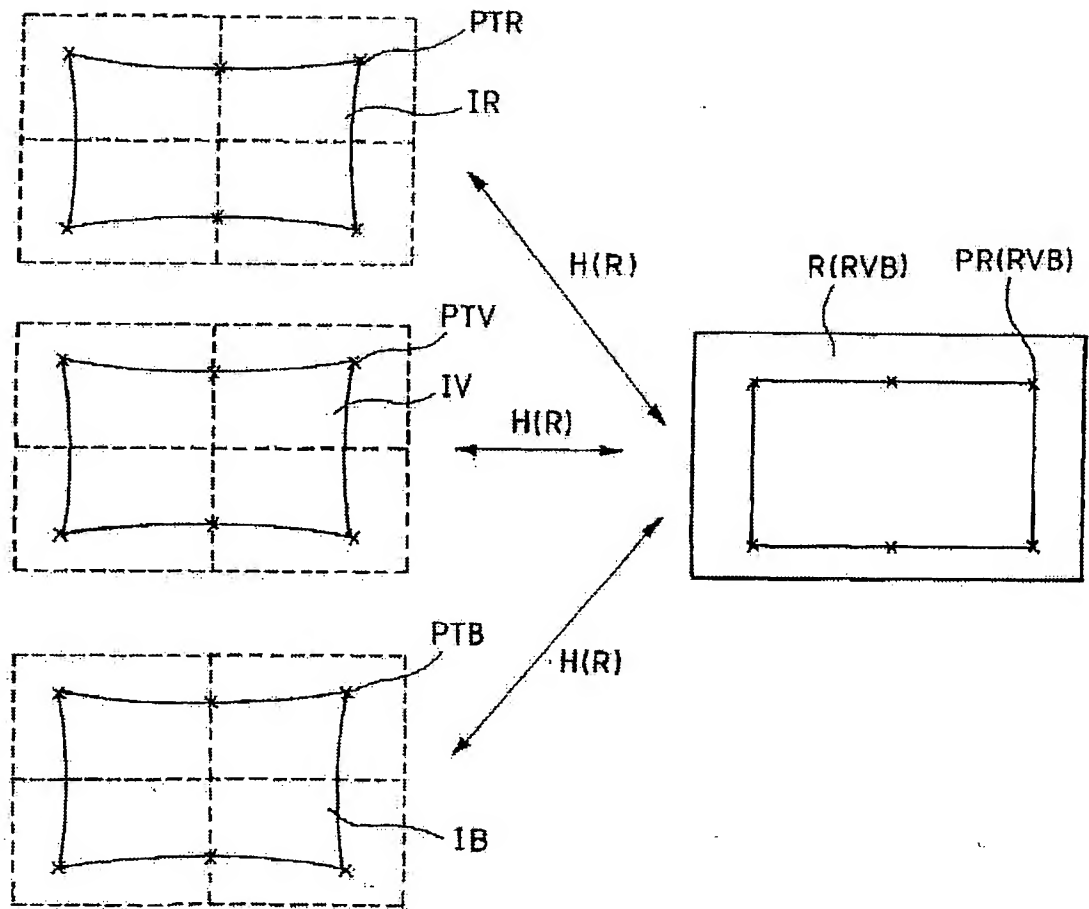
【図20a】



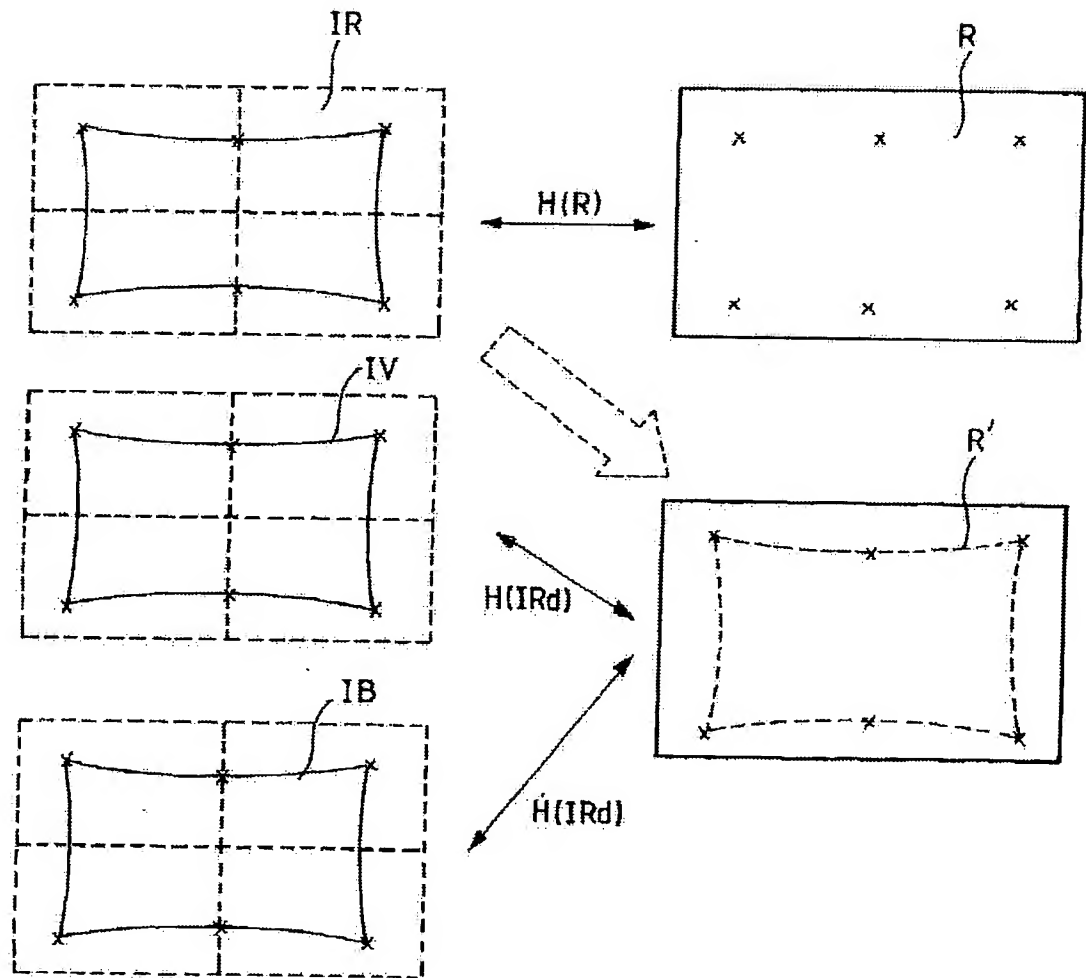
【図20b】



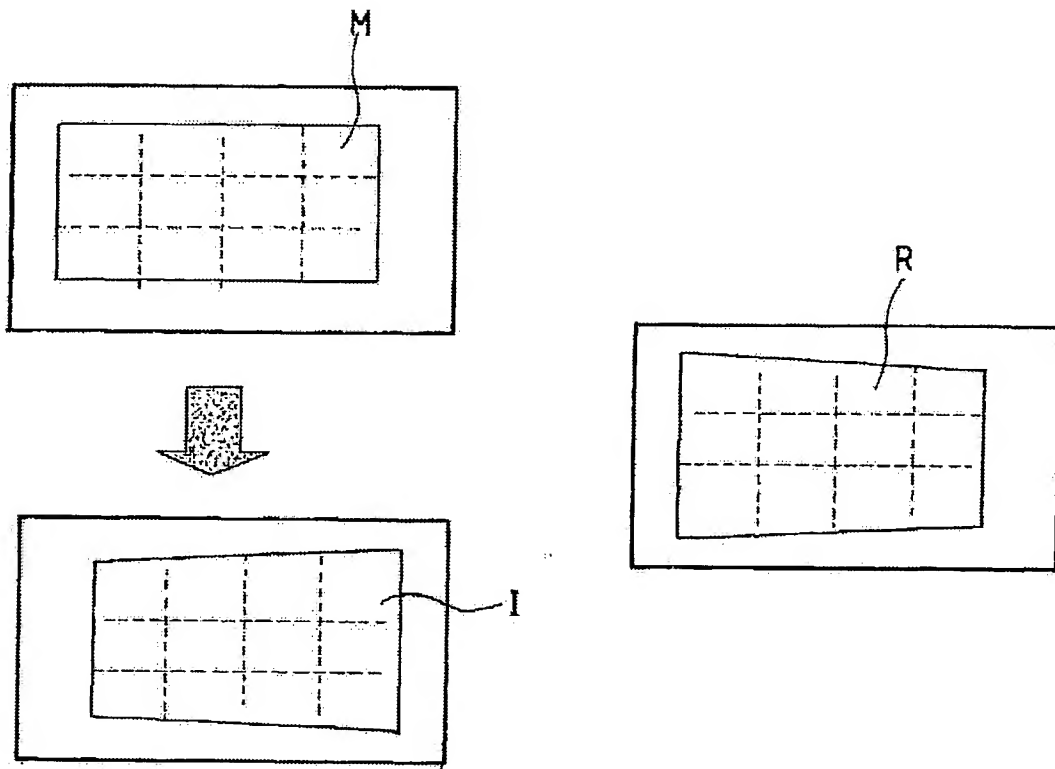
【図20c】



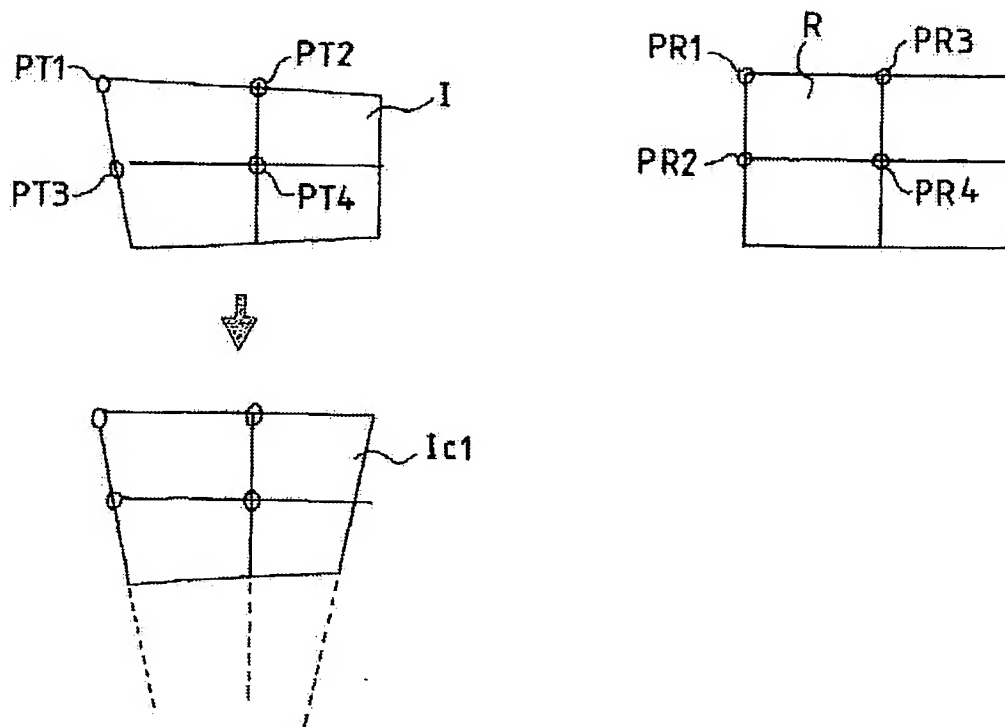
【図20d】



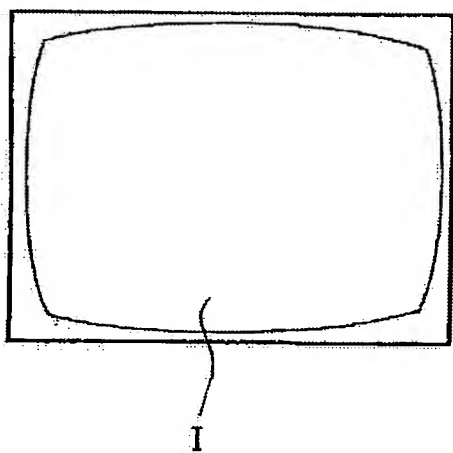
【図21】



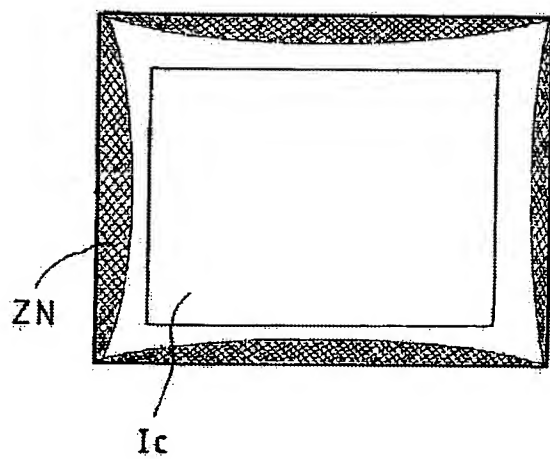
【図22】



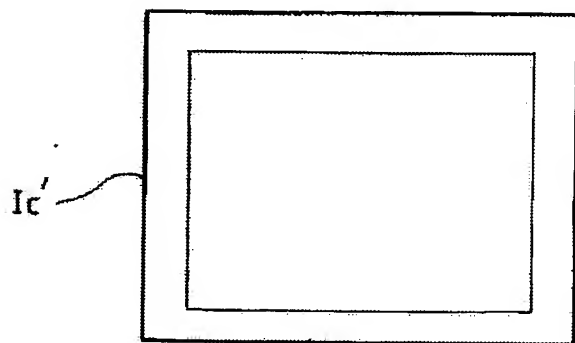
【図23a】



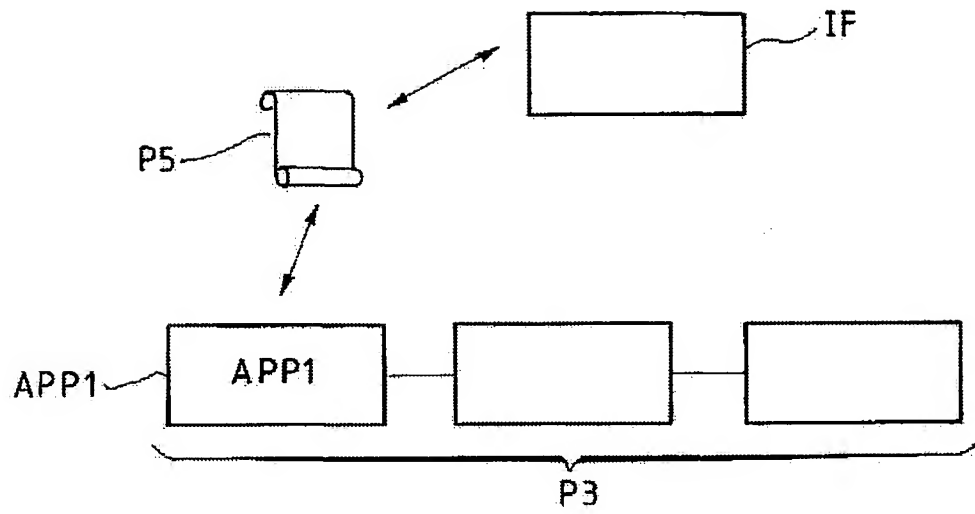
【図23b】



【図23c】



【図24】



【図25】

